الدوائر المتكاملة الرقمية والحاسبات

باري وولارد

دار ماكجروهيل للنشر



المملكة العربية السعودية/الرياض - ص ب ١٠٧٢٠

الدوائر المتكاملة الرقمية والحاسبات

الدوائر المتكاملة الرقمية والحاسبات

تأليف

باري ج. وولارد
محاضر في الالكترونيات الصناعية والقياسات وهندسة التحكم
كلية وتسايد للتكنولوجيا

ترجمة

الدكتور سمير ابراهيم شاهين
قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات الكهربية
كلية الهندسة - جامعة القاهرة
جمهورية مصر العربية

مراجعة

الأستاذ الدكتور أحمد عزيز كمال
أستاذ بكلية الهندسة - جامعة القاهرة
جمهورية مصر العربية



دار ماكجروهيل للنشر جمهورية مصر العربية — القاهرة

نيويورك . سانت لويس . سان فرنسيسكو . أوكلاند . بوجوتا . دوسلدورف . جوهانسبرج .
لندن . مدريد . مكسيكو . مونتريال . نيودلهي . بناما . باريس . ساوباولو . سنغافورة .
سيدني . طوكيو . تورنتو .

Digital Integrated Circuits and Computers Barry G. Wollard

أعد الترجمة العربية مركز الأهرام للترجمة العلمية بالقاهرة .

ISBN 07 084266-3

المحتويات

الموضــوع	الصفحة

الموضــــوع	الصفحة

الموضـــوع	الصيحفة

مقدمة

كان التقدم فى تكنولوجيا الدوائر المتكاملة سبباً لتغيرات أساسية فى مجالات الألكترونيات الرقية والحاسبات وهذه الاختراعات المتقدمة أدت إلى الانتشار الواسع للآلات الحاسبة الألكترونية والساعات الرقية فى المجالات المنزلية كما أدت أيضاً إلى إدخال أجهزة القياس الرقية المتعددة الاستخدام ، وعدادات التردد الرقية والأجهزة الرقية للقياسات (DPM) والحكم الرقى المباشر للعمليات الصناعية الدقيقة – بكل ماتحمل من إمكانيات – إلى المجالات الصناعية .

يتم تصنيع الدوائر المتكاملة الرقية بطريقتين أساسيتين : نبائط أشباه الموصلات ثنائية القطبية (على سبيل المثال TTL) ونبائط أشباه الموصلات أحادية القطبية « على سبيل المثال CMOS ، MOS » وسيتم تقديم المبادىء الأساسية لكل منهما ولكن سنركز فى التطبيقات العملية على استعمال الدوائر التى تستخدم ال (TTL) . كما أنه يمكن تحقيق وتنفيذ نفس التطبيقات باستخدام دوائر الـ CMOS باتخاذ الاحتياطات اللازمة لمراعاة الفروق الأساسية فى طرق التصميم .

إن هذا الكتاب يمثل أساساً لمحتويات واحد من مجموعة من المقررات القصيرة الناجحة التى تم تطويرها فى كلية والسل للتكنولوجيا وكان الهدف منها هو تشجيع الاحتكاك العملى إلى أقصى حد وذلك حتى يمكن للطالب اكتساب الخبرة العملية فى التعامل مع توصيل وعمل قياسات مختلفة على الدوائر المتكاملة الرقية . أود أن أشكر كل من ساعدنى فى تحضير هذا الكتاب وعلى وجه الخصوص زملائى وطلبتى ورجال الصناعة الكثيرين الذين زودونى بنصائحهم . وأخيراً أوجه شكراً خاصاً لزوجتى لمجهوداتها وصبرها فى نسخ أصول الكتاب على الآلة الكاتبة .

باری ج وولارد

الفصل الأول

الدوائر المتكاملة

١ ـــ ١ مقدمة

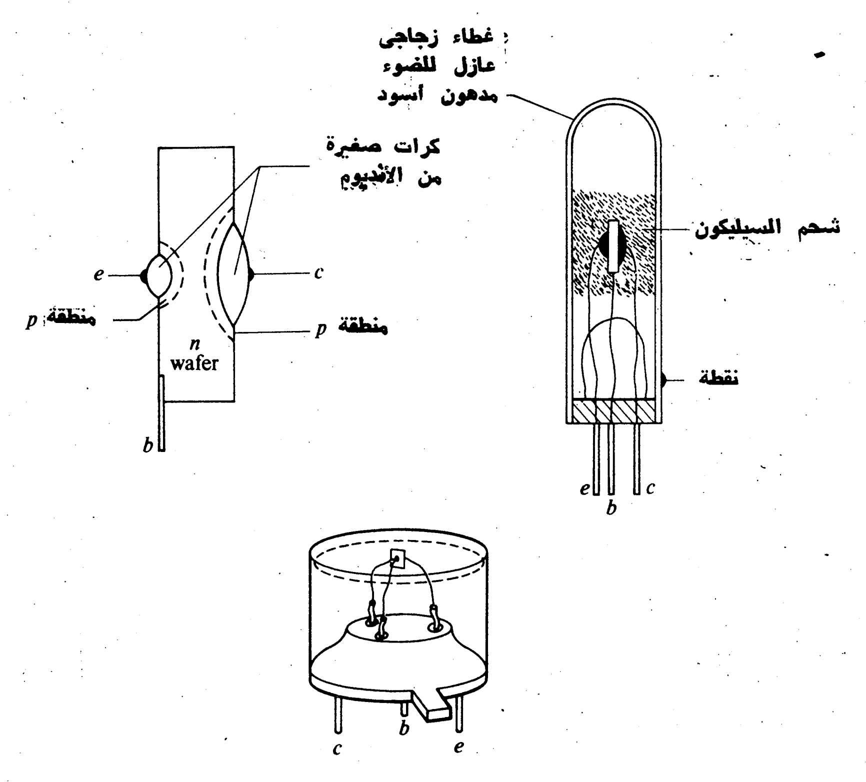
يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة إلى دوائر متكاملة خطية ودوائر متكاملة رقمية . تشمل الدوائر المتكاملة الخطية فى العادة دوائر التكبير أما الدوائر الرقمية فتشمل دوائر التحويل . وسينظر فى هذا الكتاب للدوائر الرقمية فقط ووظائفها الأساسية فى معالجة المعلومات الرقمية باستخدام دوائر التحويل . من أهم استخدامات دوائر التحويل عمليات التحكم فى المحركات وغيرها من الآلات الصناعية ولكن نظراً لقصور إمكانيات الدوائر المتكاملة فى التعامل مع الطاقات العالية فإن استخداماتها فى هذه المجالات مازالت محدودة .

تستخدم الدوائر الرقمية لتشغيل وتخزين المعلومات فى النظم الرقمية مثل الحاسبات الكبيرة وحاسبات الجيب ونظم التحكم الصناعى والأجهزة المستخدمة لعد الترددات . عند استخدام الدوائر المتكاملة لايحتاج مصممو النظم الرقمية إلى تصميم البوابات والدوائر القلابة باستخدام الترانزستورات وفى بعض الحالات لايحتاجون لتوصيل البوابات والدوائر القلابة للحصول على دوائر أكثر تعقيداً ، بدلا من ذلك يمكنهم تصميم وبناء النظم الكبيرة باستخدام وحدات بناء كبيرة مصنعة فى صورة دوائر متكاملة بها عدد كبير من البوابات والدوائر القلابة لذلك فإن تعلم الدوائر المتكاملة الرقمية يحتاج لمعرفة بوحدات البناء الأساسية الموجودة .

١ ـــ ٢ تطور الدوائر المتكاملة

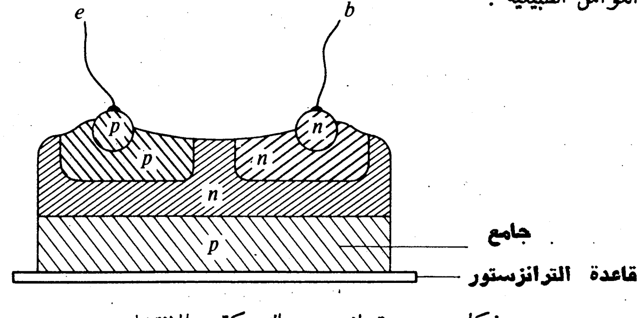
نشأت الدوائر المتكاملة على أثر تطور وسائل تصنيع الترانزستور . كانت الأنواع الأولى من الترانزستور تصنع عن طريق وصلة – نمو بحيث يتم تنمية مناطق p و n فى نفس البللورة . تبع ذلك تصنيع الترانزستور من وصلة مسبوكة . يتم ذلك بوضع شوائب n على جانبى قطعة من نوع P بحيث نحصل على قاعدة يصل سمكها إلى ٢٥ ميكرومتراً . كما هو موضح فى شكل ١ – ١ . أدى ذلك لتحسين أداء الترانزستور فى الترددات العالية بحيث وصل إلى مليون هرتز كحد أقصى . أدى ظهور ترانزستورات السبيكة – الانتشار إلى إمكانية الحصول على قاعدة رقيقة للغاية كما هو مبين فى شكل ١ – ٢ وبذلك تحسن الأداء فى الترددات العالية حتى عدة مئات مليون هرتز لكن يعيبها صغر فرق الجهد المسموح به بين الجامع والمرسل .

فى عام ١٩٦١ وصفت واستخدمت عملية التصنيع السطحية وتعتبر الآن الطريقة الوحيدة تقريباً المستخدمة لتصنيع نبائط السيليكون ويمكن عن طريقها الحصول على نبائط تعمل بكفاءة فى ترددات عالية جداً تصل إلى عدة آلاف مليون هرتز .

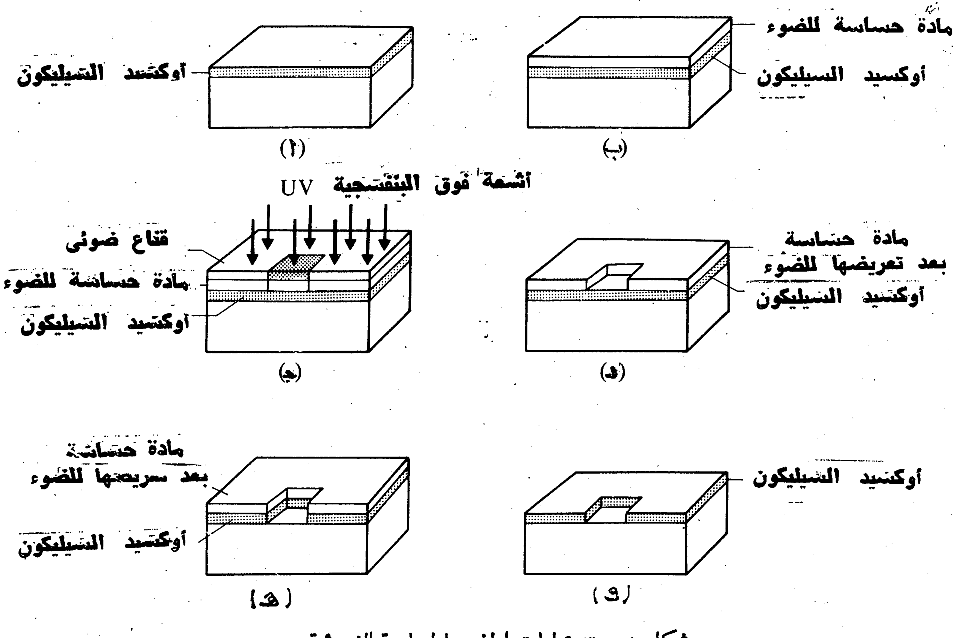


شكل ١ — ١ ترانزستور الوصلة المسبوكة

كما يمكن تصنيع عدة آلاف من الترانزستورات على نفس الشريحة . لكننا سنقدم خطوات تصنيع ترانزستور واحد بهذه الطريقة للتبسيط . نبدأ بشريحة من مادة شبه موصلة مثل السيليكون مغطاة بطبقة من الأوكسيد على سطحها العلوى . يتم حفر فتحات فى طبقة أوكسيد السيليكون بواسطة طريقة الحساسية للضوء كما هو مبين فى شكل ١ — ٣ . فى الخطوة التالية تعرض الشريحة لجو معبأ بشوائب من نوع P وبذلك يمكن نشر منطقة قاعدة الترانزستور فى داخل الشريحة n خلال الفتحة ١ — ٤ . تستخدم نفس الطريقة لعمل المرسل وذلك بأكسدة السطح العلوى مرة أخرى وعمل فتحة ثم نشر منطقة n لتكوين المرسل كما يوضح شكل ١ — ٤ ، يبين شكل ١ — ٥ مجموعة الأقنعة المختلفة المستخدمة فى عمليات الحفر بالحساسية الضوئية . تتميز هذه الطريقة بأن وصلات p— n تتكون تحت طبقة من أوكسيد السيليكون وبذلك تتم حمايتها من العوامل الطبيعية .



شكل ١ — ٢ ترانزستور السبيكة — الانتشار



شكل ١ – ٣ عمليات الحفر بالحساسية الضوئية .

(أ) شريحة السيليكون المؤكسدة .

(ب) محلول مادة حساسة للضوء بعد نشره على السطح .

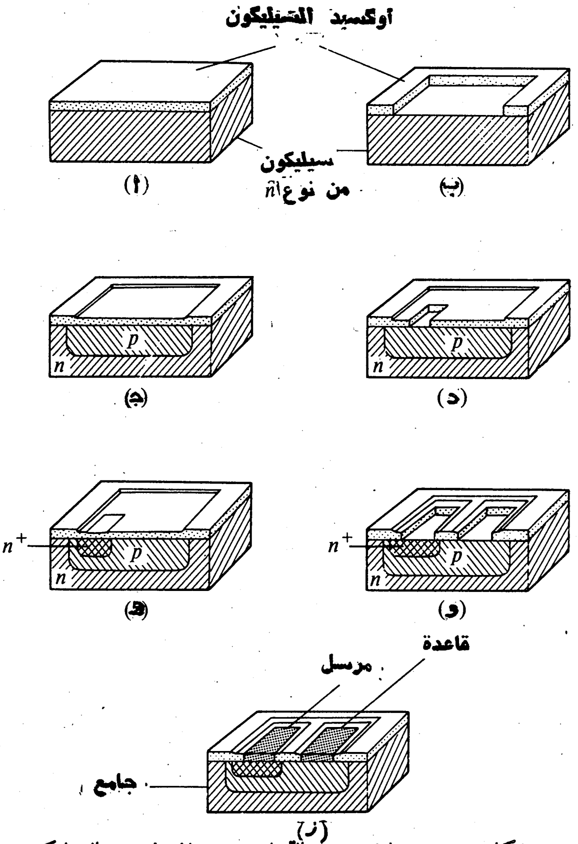
(جـ) تعريض السطح الحساس للضوء للأشعة فوق البنفسجية (UV) خلال قناع ضوئى .

(د) إزالة الجزء الذى لم يتعرض للضوء من المادة الحساسة .

(هـ) إزالة جزء من أوكسيد السيليكون .

(و) إزالة المادة الحساسة للضوء .

من المستحسن أن تكون مقاومة الجامع النوعية عالية وذلك لتقليل مكثف الجامع وزيادة جهد إنهياره . فى نفس الوقت تتسبب المقاومة العالية فى مقاومة ملحوظة غير مرغوب فيها بين وصلة الجامع والطرف الموصل له . يتم التغلب على هذه الصعوبة عن طريق عملية تسمى **الأبيتاكسيال** وفيها يتم ترسيب طبقة رقيقة ذات مقاومة عالية من نوع n فوق الشريحة السميكة التى لها مقاومة صغيرة من نوع n^+ . تستخدم طريقة الأبيتاكسيال بدلا من استخدام طريقة الانتشار وذلك لأن الانتشار يصلح لتكوين طبقة ذات مقاومة صغيرة فوق طبقة ذات مقاومة عالية وليس العكس . تتم عملية الأبيتاكسيال بترسيب بخارى من شبه موصل ذى نقاوة عالية على شريحة ذات نقاوة أقل وتحافظ هذه العملية على التركيب البللورى للشريحة . يمكن استخدام هذه الطريقة لتصنيع الترانزستور وذلك بترسيب طبقة أبيتاكسيالية من نوع n ذات مقاومة نوعية عالية فوق شريحة ذات مقاومة نوعية صغيرة من نوع n^+ . يتبع ذلك عمليات انتشار فى الطبقة المرسبة أبيتاكسياليا فقط وبذلك يمكن الحصول على مكثف صغير وجهد انهيار عال . فى نفس الوقت تكون المقاومة النوعية للشريحة صغيرة .

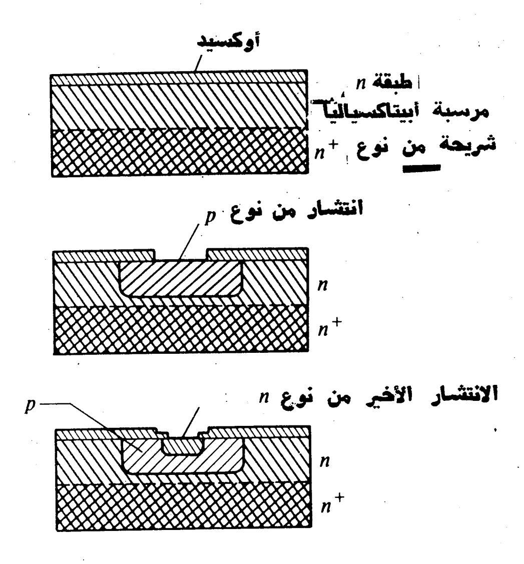


شكل ١ — ٤ عملية تصنيع الترانزستور المسطح من السيليكون .

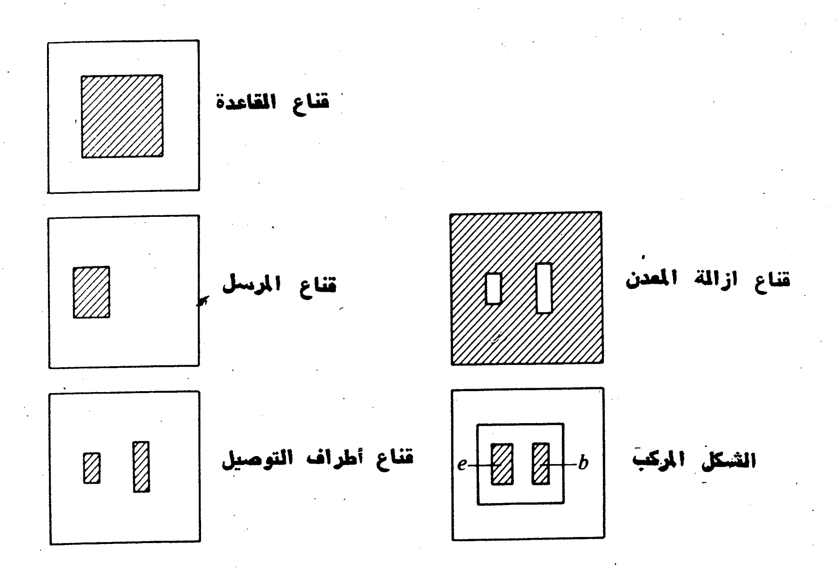
(أ) أكسدة السيليكون من نوع n (ب) قطع منطقة القاعدة فى الأوكسيد باستخدام مادة حساسة للضوء (ج) عملية انتشار منطقة القاعدة من نوع P وتكوين سطح مؤكسد مرة ثانية . (د) قطع منطقة المرسل بالحساسية الضوئية . (هـ) تكوين المرسل بانتشار مادة من نوع n^+ وتكوين سطح مؤكسد مرة أخرى .
(و) فتح مناطق لتكوين نقط اتصال القاعدة والمرسل باستخدام الحساسية الضوئية للمرة الثالثة .
(ز) تكوين أطراف توصيل بعملية ترسيب تبخيرى للألومنيوم ثم استخدام الحساسية الضوئية للمرة الرابعة لتحديد نقط التوصيل .

بهذه الطريقة يتم تصنيع الترانزستور فى الطبقة المرسبة أبيتاكسياليا ونحصل على الترانزستور المسطح الأبيتاكسيالى كما يوضح شكل ١ — ٦ .

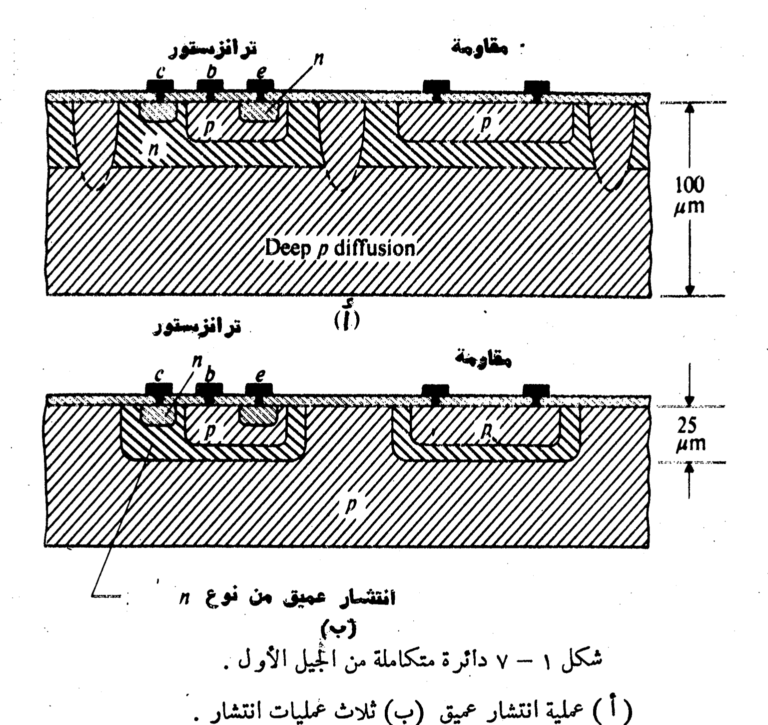
تصنع الدوائر المتكاملة المكونة من بللورة واحدة باستخدام الطريقة المشروحة أعلاه بحيث يتم تكوين المقاومات والمكثفات ، والنبائط الثنائية والترانزستورات على طبقة أبيتاكسيالية واحدة وتتصل هذه المكونات ببعضها عن طريقة وصلات معدنية يتم ترسيبها على طبقة أوكسيد السيليكون بالتبخير كما يوضح شكل ١ — ٧ . يشار لهذه النبائط باسم النبائط ثنائية القطبية وذلك بسبب أن تصنيعها يشمل أشباه موصلات من نوعى n و p فى نفس الوقت . يوضح شكل ١ — ٨ خطوات تصنيع دائرة متكاملة وشكل ١ — ٩ يبين مثالا لدائرة متكاملة فعليه .



شكل ١ - ٥ الأقنعة المستخدمة فى تصنيع ترانزستور مسطح واحد من مادة السيليكون .



شكل ١ - ٦ الترانزستور المسطح الأبيتاكسيال المصنع من السيليكون



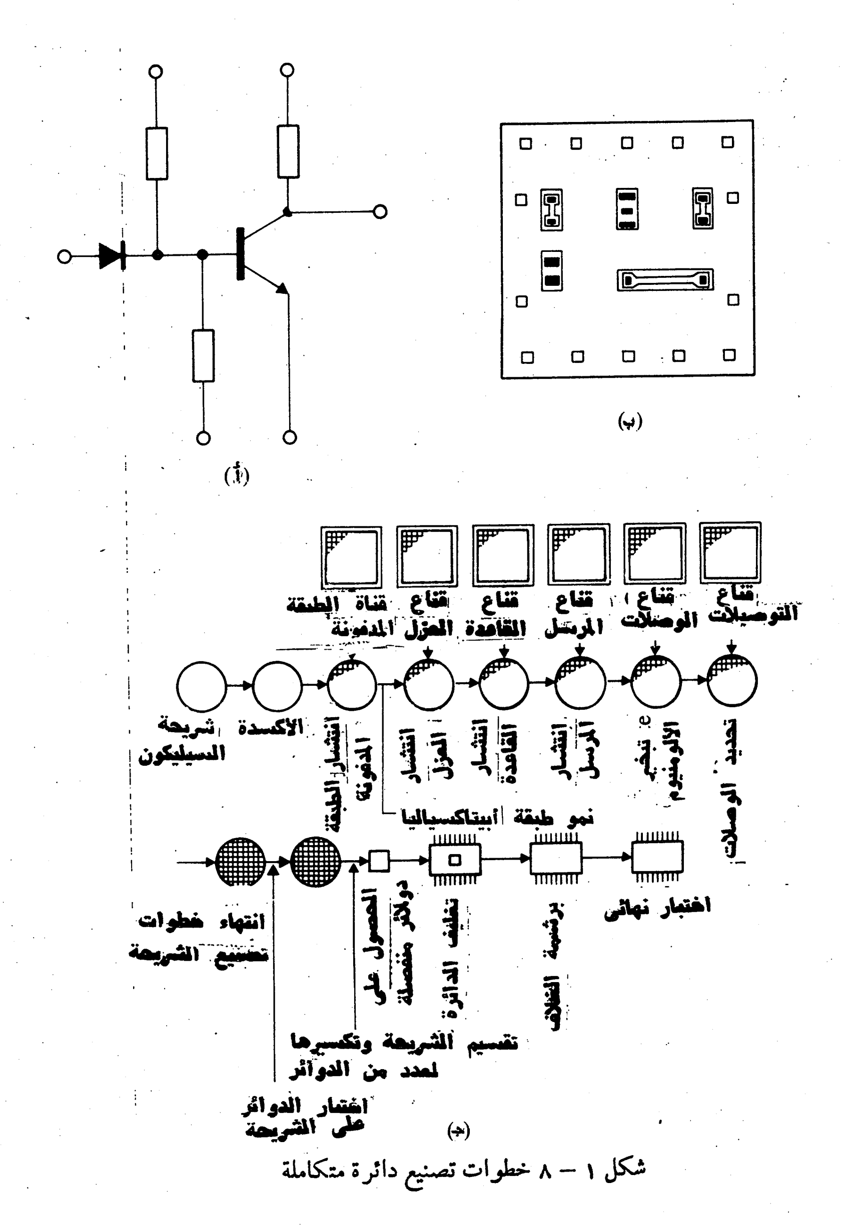
شكل ١ – ٧ دائرة متكاملة من الجيل الأول .

(أ) عملية انتشار عميق (ب) ثلاث عمليات انتشار .

ظهرت بعد ذلك ترانزستورات **أحادية القطبية** ويرجع سبب هذه التسمية إلى أن التيار الكهربى المار بها يعتمد على حاملات شحنة من نوع واحد فقط (حاملات الشحنة الغالبة) تعتمد هذه الترانزستورات فى عملها على تأثير مجال كهربى ولذلك يطلق عليها **ترانزستورات تأثير المجال** . وتكتب اختصاراً FET باللغة الإنجليزية .

يتكون ترانزستور تأثير المجال البسيط (FET) من شريحة من شبه موصل من نوع n مثلا تمثل قناة لمرور التيار بينما تتكون بوابة من نوع p كما هو موضح بالشكل ١ – ١٠ . يسمى هذا الترانزستور بترانزستور تأثير المجال ذى قناة n بوصلة بوابة (ويرمز له بالرمز JUGFET أو JFET) . تتدفق حاملات الشحنة الغالبة من المصدر (الباعث) إلى المصب (الجامع) بتسليط جهد معاكس على الوصلة n – p تتكون طبقة خالية من الشحنات ويقل سمك القناة وتزيد مقاومتها ويقل تيار المصب . بزيادة الجهد على البوابة فى الاتجاه العكسى يقل سمك القناة مرة أخرى ويقل تيار المصب بدرجة أكبر .

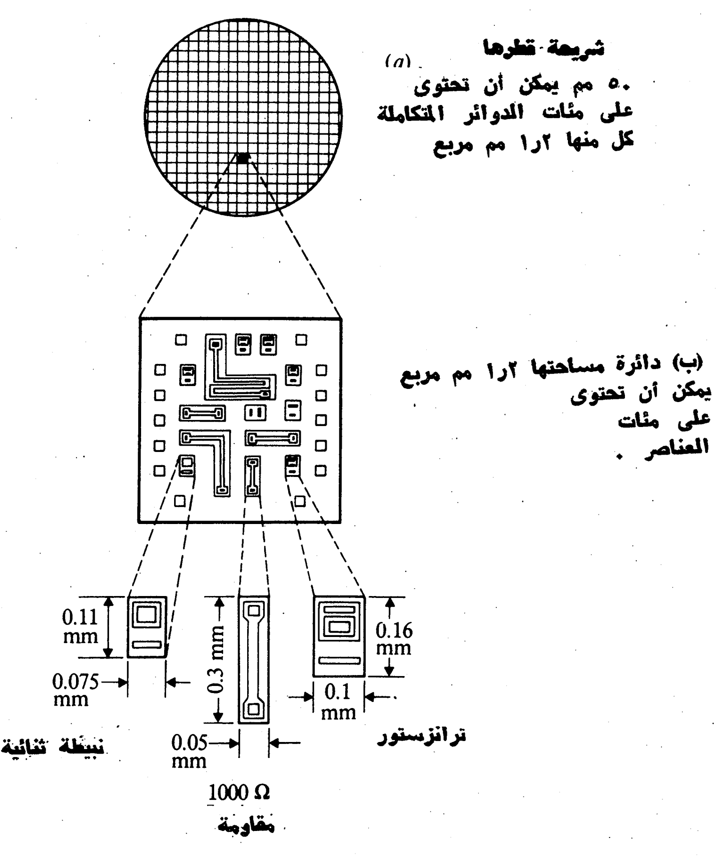
فى نفس الوقت إذا كان جهد البوابة صفراً وارتفع جهد المصب يمر تيار على طول القناة . وبالتالى يترتب على ذلك فرق فى الجهد المفقود على طول القناة وتصبح القناة موجهة عكسياً وتتكون بذلك طبقة خالية من الشحنات الحرة كما يبين شكل ١ – ١١ – ب . بزيادة أخرى لجهد المصب أو البوابة تمتد الطبقة الخالية من الشحنات بحيث تغطى معظم القناة وبذلك تقرص على التيار بشدة وتجبره على المرور فى طبقة رقيقة جداً تصل مقاومتها إلى 250 kΩ . عندما يكون جهد البوابة مساوياً الصفر . ويسمى جهد المصب عند هذه اللحظة بجهد القرص . إذا رفعنا جهد المصب لأعلى من هذا الجهد نلاحظ أن خاصية الخرج تصبح مشبعة بمعنى أن التيار لا يتغير بزيادة جهد المصب .



شكل ١ — ٨ خطوات تصنيع دائرة متكاملة

(أ) تصميم الدائرة (ب) توزيع عناصر الدائرة (جـ) عمليات التصنيع المختلفة باستخدام الأقنعة الضوئية (عمليات الرسم ، التصوير ، التصغير وتكرار عمليات التصوير والتصغير) .

توصف هذه العملية بأنها مرحلة **الاستنفاد** إذ أنه بزيادة الجهد العكسى على البوابة تستنفد الشحنات الحرة فى القناة . يمكن أيضاً تشغيل الترانزستور **JFET** بجهد صغير موجب على البوابة مما يسبب زيادة فى تيار المصب نتيجة انكماش منطقة الاستنفاد . وتسمى هذه المرحلة **مرحلة التعزيز** تتميز ترانزستورات تأثير المجال عن الترانزستورات ثنائية القطبية بأن مقاومة الإدخال فيها عالية جداً تصل إلى مئات ملايين الأوم وذلك بسبب عدم مرور تيار فى البوابة .



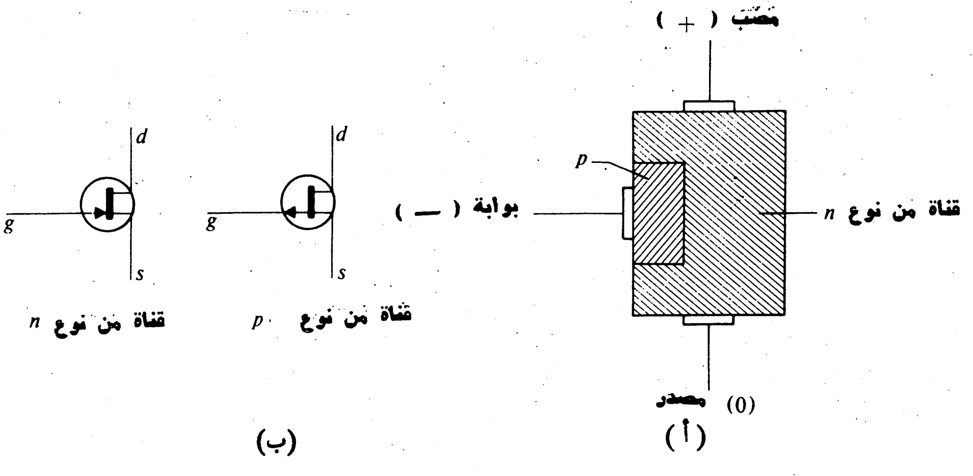
شكل ١ — ٩ دائرة متكاملة

(أ) شريحة لتصنيع الدوائر المتكاملة قطرها ٥٠ مم يمكن أن تحتوى على مئات الدوائر المتكاملة كل منها ١,٢ مم مربع .
(ب) دائرة متكاملة مساحتها ١,٢ مم مربع يمكن أن تحتوى على مئات العناصر .

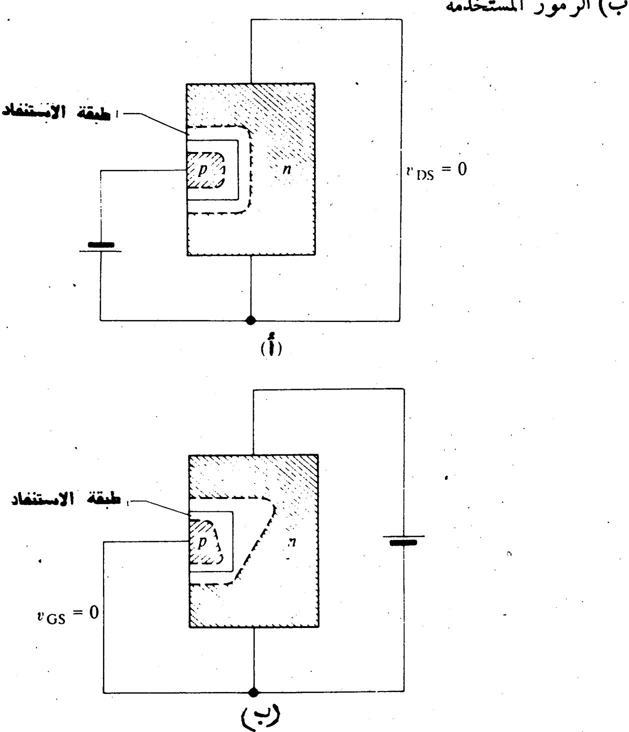
يوضح شكل ١ — ١٢ ترانزستور تأثير المجال له قناة n ذات بوابة معزولة ويرمز له بالرمز IGFET ويختلف هذا النوع فى أن البوابة معزولة عن القناة بطبقة من أوكسيد السيليكون ولذلك يسمى عادة بترانزستور السيليكون — الأوكسيد — المعدن (MOS) .

يعمل الترانزستور من نوع IGFET عادة فى مرحلة التعزيز وذلك لأنه بوضع جهد موجب على القناة تنجذب حاملات شحنة الأقلية إلى الطبقة الموجودة بالقرب من أوكسيد السيليكون ويترتب على ذلك تكوين قناة معكوسة (قناة من نوع n) . كلما زاد الجهد الموجب زاد التوصيل النوعى لهذه القناة المعكوسة ويتسبب ذلك فى تعزيز تدفق التيار بين المصدر والمصب .

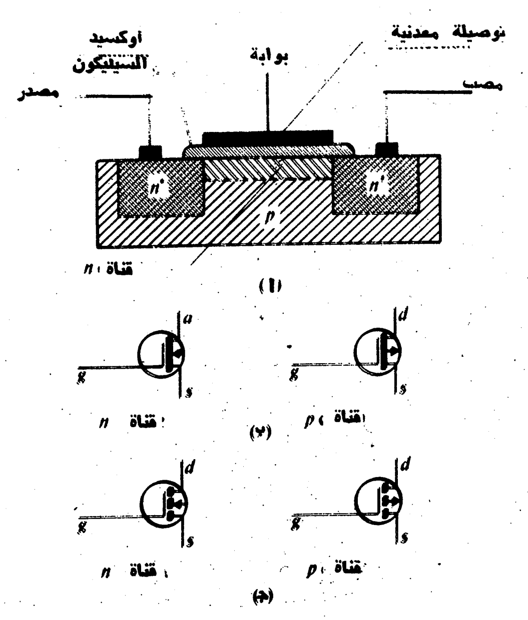
أدى ظهور ترانزستورات تأثير المجال إلى ظهور دوائر متكاملة بها ترانزستورات متتامة من نوع MOS يطلق عليها CMOS وسنعرض لهذا النوع باختصار فى الفصل الثالث .



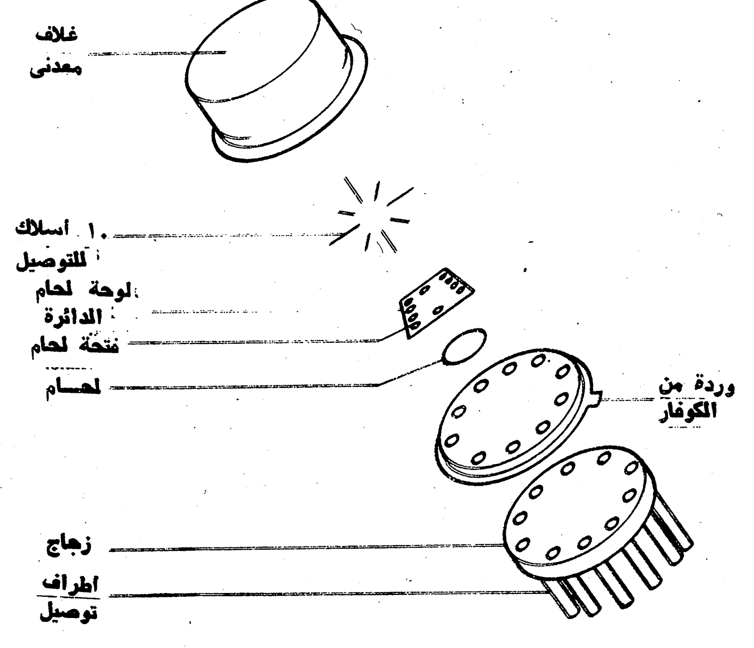
شكل ١ – ١٠ ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة
(أ) ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة وقناة من نوع n
(ب) الرموز المستخدمة



شكل ١ – ١١ تكوين طبقة الاستنفاد فى ترانزستور تأثير المجال ذى الوصلة .
(أ) جهد عكسى على البوابة .
(ب) مجال كهربى فى اتجاه القناة الطولى .



شكل ١ – ١٢ ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة (MOST)
(أ) مقطع رأسى فى ترانزستور تأثير المجال ذى البوابة المعزولة (IGFET)
(ب) الرموز المستخدمة لتمثيل مرحلة التعزيز للترانزستورات من نوع (IGFET)



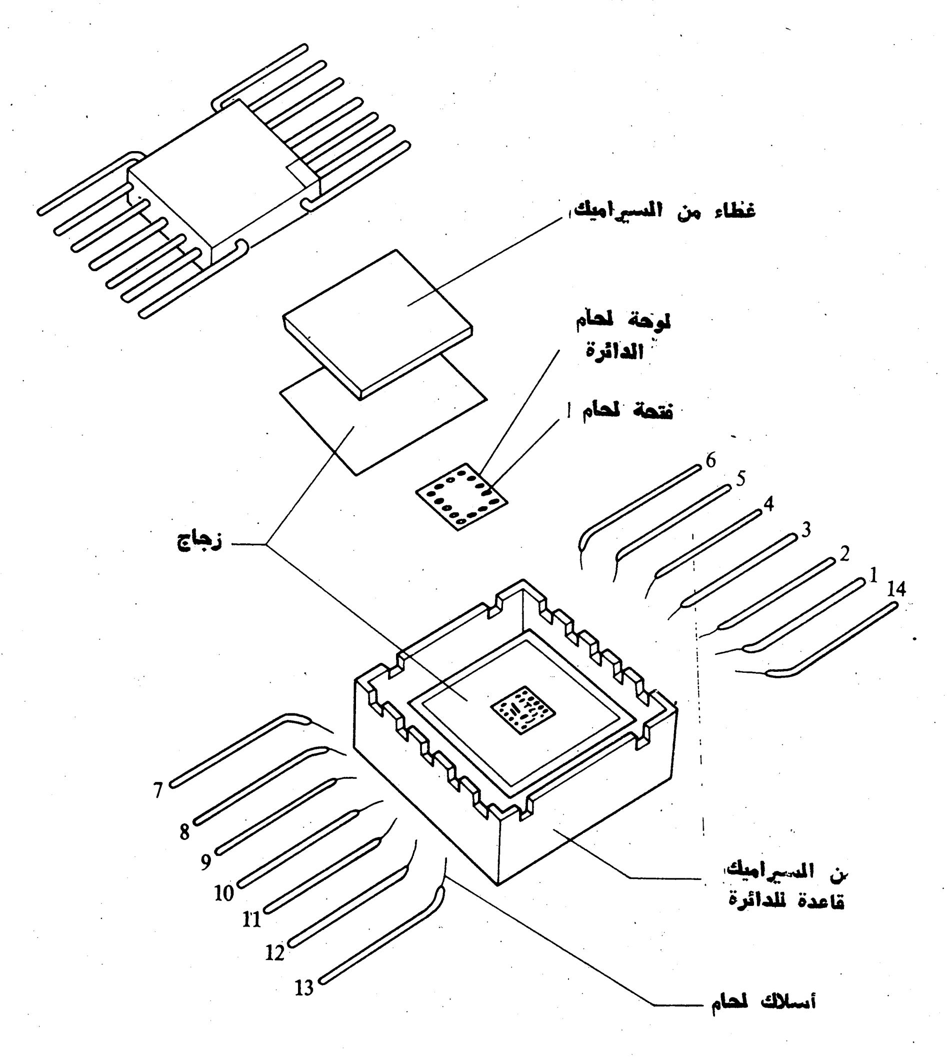
شكل ١ – ١٣ شكل يوضح مكونات الغلاف ذى عشرة أطراف لتغليفه من نوع TO 5

١ ـــ ٣ تغليف الدوائر المتكاملة

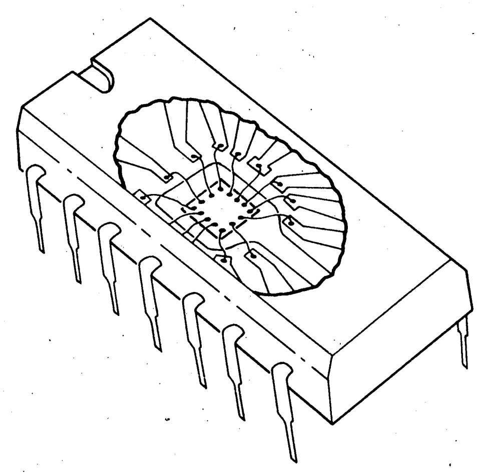
توجد ثلاثة أنواع من طرق تغليف الدوائر المتكاملة وهى :

(أ) تغليفه $TO\ 5$ وهذه تشبه تغليفة الترانزستور الشائعة والمسماة بنفس الاسم ولكن سمك التغليفة أصغر . تتوافر دوائر لها ٨ أو ١٠ أطراف بهذه التغليفة كما يوضح شكل ١ – ١٣ .

(ب) التغليفة المسطحة (ذات ١٤ طرفاً) صممت هذه التغليفة ليتم لحامها إلى لوحات الدوائر المطبوعة وبذلك زالت الحاجة لوصلات اللحام غير المضمونة . بالإضافة إلى ذلك فإن زيادة الحاجة لعدد أكبر من أطراف التوصيل للعالم الخارجى أدت إلى ظهور وانتشار هذا النوع الموضح بالشكل ١ – ١٤ .



شكل ١ – ١٤ التغليفة المسطحة ذات ١٤ طرفا



شكل ١ — ١٥ تغليفة DIL

(جـ) تغليفة *DIL* البلاستيك هذه التغليفة ذات الخطين المتوازيين تتميز برخص تكاليف تصنيعها وتعدد أطراف التوصيل كما يوضح شكل ١ — ١٥ . توجد عدة أشكال لهذه التغليفة تحتوى على ١٦ ، ٢٠ ، ٢٤ ، و ٤٠ طرف توصيل .

١ — ٤ اختصارات شائعة الاستخدام

BJT	ترانزستور وصلات ثنائى القطبية
UJT	ترانزستور ذو وصلة واحدة
LCD	نبيطة عرض ذات البللورة السائلة
LED	نبيطة ثنائية باعثة للضوء
FET	ترانزستور تاثير المجال
JFET	ترانزستور تاثير المجال ذو الوصلة
IGFET	ترانزستور المجال ذو البوابة المعزولة
MOS	ترانزستور معدن — أوكسيد — سيليكون
CMOS	ترانزستورات MOS متتامة
LOCMOS	ترانزستور MOS المؤكسد موضعيا
DIL	ثنائى الخط
DRL	منطق النبيطة الثنائية والمقاومة
RTL	منطق المقاومة والترانزستور
DTL	منطق النبيطة الثنائية والترانزستور
ECL	منطق ارتباط المرسل
TTL	منطق ترانزستور — ترانزستور
HTTL	TTL ذو سرعة عالية
LTTL	TTL ذو استهلاك صغير للطاقة
STTL	TTL باستخدام وصلة شونكى
IIL	منطق الحقن المتكامل
SSI	الدوائر المتكاملة ذات كثافة صغيرة
MSI	الدوائر المتكاملة ذات كثافة متوسطة

LSI	الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية
RAM	ذاكرة الوصول العشوائى
ROM	ذاكرة يمكن قراءتها فقط
PROM	ذاكرة يمكن قراءتها فقط كما يمكن برمجتها
EPROM	ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ويمكن مسحها
EAROM	ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها وتغيير البرنامج باستخدام نبضات كهربية
CAM	ذاكرة بعنوان بمحتوياتها وليس بمواضعها
CPU	وحدة التحكم المركزية
ALU	وحدة الحساب والمنطق
SCR	سجل التحكم فى التسلسل
NC	غير مستخدم (غير موصل)
PISO	دخول متواز ـ خروج متسلسل
PIPO	دخول متواز ـ خروج متواز
SIPO	دخول متسلسل ـ خروج متواز
FIFO	دخول أول ـ خروج أول
LIFO	دخول آخر ـ خروج أول

الفصل الثانى

المنطق ، البوابات المنطقية الأساسية ونظم الترقيم

٢ — ١ المنطق

تتعلق التطبيقات المنطقية المشار إليها فى سياق الكلام بنظم بسيطة نسبياً للتحكم والإنذار والمتابعة ، ومن هذه النظم البسيطة يمكن استنتاج استخدامات المنطق فى النظم الأكثر تعقيداً مثل نظم معالجة البيانات ونظم التحكم فى الحاسبات ، ويمكن تقسيم النظم المنطقية إلى مجموعتين أساسيتين :

(أ) **نظم تراكيبية** لها مجموعة من المداخل يستجيب لها خرج أو أكثر . فإذا استخدمت تركيبة معينة من الإشارات على مداخل النظام يتولد خرج محدد فى نفس اللحظة ويستمر نفس الخرج طالما استمر وجود نفس تركيبة الإشارات الداخلية .

(ب) **نظم متسلسلة** يعتمد فيها الخرج عند أى لحظة على تسلسل تركيبات الإشارات المستقبلة على المداخل حتى هذه اللحظة وعلى الحالة الأولية للنظام . إن تصميم النظم المتسلسلة والعناصر المستخدمة فيها أشبه لحد كبير بالنظم التراكيبية ولكنها تحتوى على عناصر إضافية تتذكر تسلسل الإشارات السابقة على المداخل .

ويمكن فضلا عن ذلك تقسيم النظامين السابقين إلى :

(ج) **نظم متزامنة** وفيها يمنع الخرج من التغيير رغم وجود مجموعة من الإشارات على المداخل إلى أن يتم استقبال إشارة التوقيت . ويتم توصيل إشارة التوقيت هذه إلى جميع الأجزاء لضمان أن كل جزء من النظام يعمل فى تزامن تام مع باقى الأجزاء وتكون إشارة التوقيت على شكل سلسلة من النبضات (**نبضات ساعة**) يتم توليدها بواسطة مولد نبضات أو « ساعة » مستقلة عن النظام .

(و) **نظم غير متزامنة** وتعمل أجزاؤها المختلفة بدون نبضات تزامن ، وفيها يتطلب أن تحتفظ المخارج المختلفة للنظام بحالتها حتى يصل تأثيرها لباقى أجزاء النظام .

٢ — ٢ الجبر البوولى

فى سنة ١٨٥٤ كتب جورج بوول Boole مقالة بعنوان « تحريات فى قوانين الفكر » وكتب فيه أنه رغم فائدة الرياضيات العادية فى عدد كبير من العمليات العقلية لكنها لاتستطيع التعامل مع كل جانب من جوانب الفكر .

والمثال التالى يوضح أوجه قصور الجبر العادى . افترض العبارات :

إن القطط حيوانات

إن الكلاب حيوانات

بناء على ذلك فالقطط كلاب

من الواضح أن الاستنتاج الأخير باطل

إلا أننا إذا مثلنا الجمل السابقة بالجبر العادى كما يلى :

$A = B$ =

$C = B$ =

$\therefore A = C$ = ∴ وهذا الاستنتاج صحيح تماماً .

المشكلة الأساسية هنا تتعلق باللغة . فإشارة التساوى (=) الرياضية استخدمت لتمثيل « أن القطط حيوانات » فبالرغم من كون القطط حقيقة حيواناً إلا أنه من الخطأ أن نذكر أنه يساوى حيواناً وذلك لأنه جزء من فئة عامة ، هى جميع أنواع الحيوانات المختلفة .

وضع بوول نظاماً رياضياً جديداً سمى « جبر الفئات » . وعلى الرغم من اهتمام علماء الرياضة فى عصره بهذا النظام الجديد إلا أن أبحاث بوول طواها النسيان وعلاها التراب فى المكتبات المتناثرة فى أركان العالم حتى عام ١٩٣٨ . فى هذا الوقت وصل التطور فى هندسة التليفونات والاتصالات لدرجة عالية من التعقيد، وأصبحت طرق بوول فجأة مشهورة جداً مرة أخرى بسبب مقالة علمية نشرها سى . إيه شانون بعنوان « التحليل الرمزى لدوائر التحويل والإبدال » .

اكتشف شانون أن الجبر البوولى للفئات يمثل أداة قوية لتمثيل وتحليل الدوائر المعقدة باستخدام فكرة المتغيرات ثنائية القيمة .

٢ — ٣ القواعد الأساسية للجبر البوولى

(أ) أى كمية يمكن أن تأخذ واحدة من قيمتين إما أن تكون قيمتها « 1 » أو « 0 » . ولا يمكن أن تكون لها أى قيمة أخرى .

(ب) المعنى العادى لبعض الإشارات الرياضية يأخذ معنى مختلفاً تماماً .

$A.B$ تعنى A « و » B وليس A مضروباً فى B .

$A + B$ تعنى A « أو » B وليس A مضافاً إلى B .

$\bar{A}$ تعنى عكس A (أو مكمل A) .

(ج) إشارة التساوى (=) لها معنى جديد ويمكن تعريفها كما يلى :

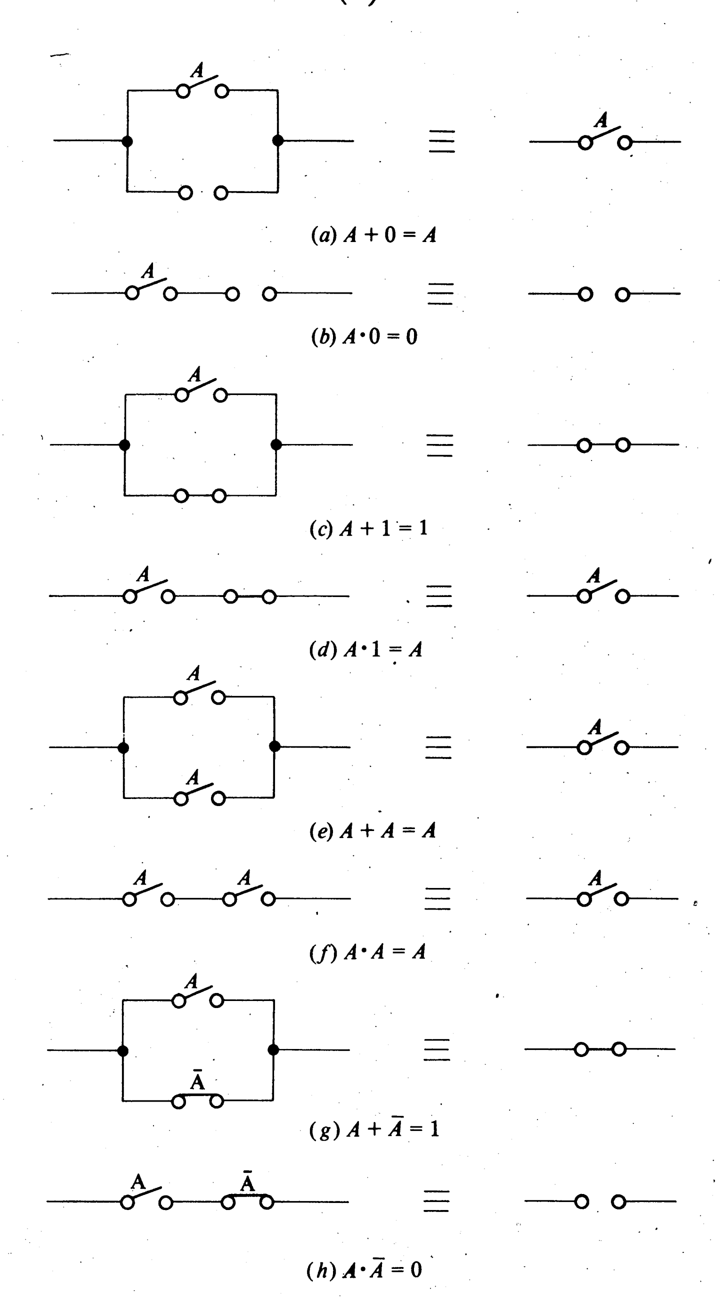
= تعنى أن الخرج قد أصبح له قيمة أو أن « المفتاح أصبح مقفولا » .

٢ — ٣ قوانين المنطق

إن صحة عدد كبير من العبارات المنطقية بديهى ، بينما قد لا يكون بنفس الوضوح بالنسبة لعدد آخر منها . ومن الممكن اختبار صحة أية عبارة معينة بشرط أن تكون مكتوبة بدقة .

فى طريقة التمثيل الثنائية نقول إن العبارة صحيحة بمعنى أنها متحققة لو كانت لها القيمة 1 . أما إذا كانت غير صحيحة فيكون لها القيمة « 0 » بمعنى أنها غير متحققة .

(أ)



شكل ٢ — ١ قوانين المنطق

(أ)	$A+0$	$=A$
(ب)	$A.0$	$=0$
(جـ)	$A+1$	$=1$
(د)	$A.1$	$=A$
(هـ)	$A+A$	$=A$
(و)	$A.A$	$=A$
(ز)	$A+\bar{A}$	$=1$
(ح)	$A.\bar{A}$	$=0$
(ط)	$\overline{A+B+C}$	$=\bar{A}.\bar{B}.\bar{C}$
(ى)	$\overline{A.B.C}$	$=\bar{A}+\bar{B}+\bar{C}$

يمكن شرح الثمانية الأول من هذه القوانين بفحص مجموعة التحويلات المبينة بالشكل ٢ — ١ والتى يكون فيها المفتاح المفتوح عادة مميزاً بالرمز A والمفتاح المقفول عادة مميزاً بالرمز $\bar{A}$.

٢ — ٥ التنظيم الرمزى لعناصر النظم المنطقية

إن الرموز البيانية المستخدمة فى الرسوم التخطيطية المنطقية تمثل عمليات فكر ، وهى بالتالى مستقلة عن الأدوات والعناصر المادية التى تستخدم لتنفيذ هذه النظم . وهذا يعنى أن هذه الرموز مشتركة ولا تتغير باختلاف طرق التنفيذ الممكنة . فيمكن استعمال نفس الرموز بغض النظر عن كون طريقة التنفيذ : إلكترونية ، بضغط الهواء ، هيدروليكية أو ميكانيكية . . . إلخ . إلا أننا فى هذا الكتاب صنتعامل فقط مع الأجهزة الألكترونية .

إذا كانت جميع خطوط الإشارة لها نفس طريقة التمثيل المادية ، وإذا كانت الإشارة ممثلة بجهود كهربية (أو تيارات) فإنه إذا كان الجهد الأكبر يمثل دائماً الحالة « 1 » فإن هذا النظام يطلق عليه **المنطق الموجب** .

إذا كان الجهد الأقل يمثل دائماً الحالة « 1 » فإن النظام يطلق عليه **المنطق السالب** .

أما إذا كان الجهد الأكبر يمثل أحياناً بالحالة « 1 » والجهد الأقل يمثل أحياناً بالحالة « 1 » فإن النظام الناتج يستعمل **المنطق المختلط** .

٢ — ٦ بوابات المنطق الأساسية وجداول الحقيقة

(أ) **بوابة « و »** (*AND*) إن التمثيل الرمزى لبوابة « و » يبين بالشكل ٢ — ٢ (أ) فالخرج F يكون « 1 » عندما تكون الإشارات الداخلة عند C و B و A تساوى 1 . ويعطى جدول الحقيقة فى الشكل ٢ — ٢ (ب) حالة الخرج بالنسبة لجميع التوافيق الممكنة للمداخل .

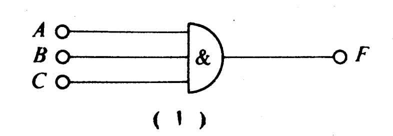
وعلى ذلك تكتب المعادلة البوولية لدائرة « و » AND كالتالى :

$$F = A.B.C$$

(ب) **بوابة « أو »** (*OR*) يبين شكل ٢ — ٣ (أ) التمثيل الرمزى لبوابة « أو » . فالخرج F يكون « 1 » عندماتكون الإشارات الداخلة عند A أو B أو C أو أيها أو جميعها فى الحالة « 1 » كما هو مبين فى جدول الحقيقة فى شكل ٢ — ٣ (ب) .

وعلى ذلك تكتب المعادلة البوولية « أو » (*OR*) كالتالى :

$$F = A+B+C$$



(أ)

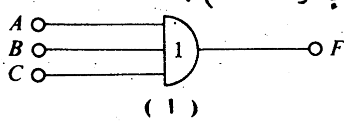
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(ب)

شكل ٢ – ٢ بوابة « و » (AND)

(أ) الرمز المنطق (ب) جدول الحقيقة

(ج) بوابة النفى (*NOT*) : (عاكس أو عنصر نفى) يمثل شكل ٢ – ٤ (أ) الرمز المنطق لبوابة النفى ، ويلاحظ أن الدائرة الصغيرة فى الشكل تمثل عملية النفى . كما أن هناك رمزاً آخر لدائرة النفى مبيناً فى شكل ٢ – ٤ (ب) . فى هذه البوابة تكون إشارة الخرج ممثلة للحالة « 1 » عندما تكون الإشارة الداخلة « 0 » والعكس بالعكس (أى أن الخرج متمم أو مكمل للإشارة الداخلة) .



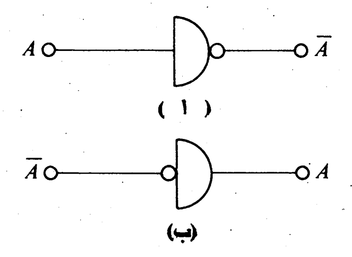
(أ)

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(ب)

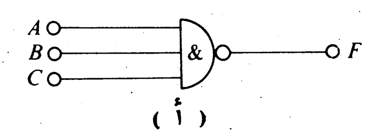
شكل ٢ – ٣ « أو » (OR)

(أ) الرمز المنطق (ب) جدول الحقيقة



شكل ٢ – ٤ بوابة النفى (NOT)

(د) دائرة نفى « و » (NAND) (NOT – AND) يمثل شكل ٢ – ٥ (أ) – الرمز المنطقى لهذه البوابة ، وفيها إشارة الخرج F تكون « 0 » عندما تكون الإشارات الداخلة A « و » B « و » C فى الحالة « 1 » كما هو مبين فى جدول الحقيقة فى شكل ٢ – ٥ (ب) .



(أ)

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

(ب)

شكل ٢ – ٥ بوابة نفى « و » (NAND)
(أ) الرمز المنطقى (ب) جدول الحقيقة

وعلى ذلك تكتب المعادلة البوولية لبوابة نفى « و » كالتالى :

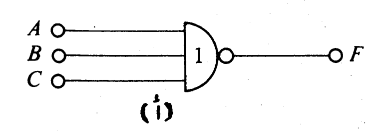
$$F = \overline{A . B . C}$$

(ه) بوابة نفى « أو » (NOR) (NOT–OR) يبين شكل ٢ – ٦ (أ) الرمز المنطقى فيها الخرج F يكون « 0 » عندما تكون واحدة أو أكثر من الإشارات الداخلة فى الحالة « 1 » كما هو مبين فى جدول الحقيقة شكل ٢–٦ (ب).

وعلى ذلك تكتب المعادلة البوولية لبوابة نفى « أو » (NOR) كالتالى :

$$F = \overline{A + B + C}$$

ملحوظة : بوابة نفى « و » (NAND) التى تعمل على أساس المنطق الموجب تعمل كأنها بوابة نفى « أو » (NOR) بالمنطق السالب والعكس بالعكس . ويمكن للقارىء إثبات ذلك بمقارنة جداول الحقيقة .



(أ)

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

(ب)

شكل ٢ – ٦ – بوابة نفى « أو » (NOR)
(أ) الرمز المنطقى (ب) جدول الحقيقة

٢ ــ ٧ نظم الترقيم

(أ) **النظام العشرى :** ويستخدم فيه عشرة رموز لتمثيل الكميات من صفر إلى ٩ وعادة نسمى عدد الأرقام المستخدمة فى النظام **الأساس** . ومن الواضح أنه فى حالة النظام العشرى يكون الأساس هو **عشرة** .

ويمكن تكوين الأرقام الأخرى فى النظام العشرى للترقيم بإعطاء قيم مختلفة للمواضع المتغيرة للأرقام بالنسبة للعلامة العشرية ، وعموماً يكتب الرقم كالتالى :

$$R^2 \quad R^1 \quad R^0 \quad . \quad R^{-1} \quad R^{-2}$$

وبالنسبة للنظام العشرى تكون :

$$10^2 \quad 10^1 \quad 10^0 \quad . \quad 10^{-1} \quad 10^{-2}$$

مثـــال :

$$426_{10} = 4 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$
$$= 400 + 20 + 6$$
$$= 426$$

(ب) **النظام الثمانى :** ويستخدم هذا النظام بكثرة فى برمجة الحاسبات ويمكن تحويله بسهولة للنظام الثنائى والعكس بالعكس . ويلاحظ أن النظام الثمانى أسهل فى الاستعمال من النظام الثنائى ، وذلك لقلة عدد الأرقام التى تستخدم لتمثيل أى قيمة فى النظام الثمانى عن النظام الثنائى .

فى هذا النظام يكون الأساس 8 وقيمة المواضع المختلفة هى :

$$8^2 \quad 8^1 \quad 8^0 \quad . \quad 8^{-1} \quad 8^{-2}$$

مثـــال ·

$$
\begin{aligned}
426_8 &= 4\times 8^2+2\times 8^1+6\times 8^0\\
&= 4\times 64+2\times 8+6\times 1\\
&= 256+16+6\\
&= 278_{10}
\end{aligned}
$$

النظام العشرى		النظام الثمانى		النظام الثنائى				
العشرات 10^1	الآحاد 10^0	الثمانيات 8^1	الآحاد 8^0	الستعشرات 2^4	الثمانيات 2^3	الأربعات 2^2	الاثنينات 2^1	الآحاد 2^0
	0		0					0
	1		1					1
	2		2				1	0
	3		3				1	1
	4		4			1	0	0
	5		5			1	0	1
	6		6			1	1	0
	7		7			1	1	1
	8	1	0		1	0	0	0
	9	1	1		1	0	0	1
1	0	1	2		1	0	1	0
1	1	1	3		1	0	1	1
1	2	1	4		1	1	0	0
1	3	1	5		1	1	0	1
1	4	1	6		1	1	1	0
1	5	1	7		1	1	1	1
1	6	2	0	1	0	0	0	0
1	7	2	1	1	0	0	0	1
1	8	2	2	1	0	0	1	0
1	9	2	3	1	0	0	1	1
2	0	2	4	1	0	1	0	0
2	1	2	5	1	0	1	0	1
2	2	2	6	1	0	1	1	0
2	3	2	7	1	0	1	1	1
2	4	3	0	1	1	0	0	0
2	5	3	1	1	1	0	0	1

شكل ٢ – ٧ مقارنة بين نظم الترقيم

(ﺟ) **النظام الثنائى :** يستخدم بكثرة هذا النظام فى المنطق والحاسبات . وأساسه هو الرقم 2 وقيمة المواضع المختلفة هى :

$$2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \; . \; 2^{-1} \quad 2^{-2} \quad 2^{-3}$$

وتوجد قواعد مختلفة لإجراء عمليات الجمع ، الطرح ، الضرب والقسمة . كما توجد طرق للتحويل بين أى نظام ترقيم والنظم الأخرى للترقيم وستناقش بعض هذه الطرق فى الفصل الثامن .

يبين شكل ٢ — ٧ مقارنة بين نظم الترقيم التى تم شرحها .

(د) **النظام السداسى عشر :** ويستخدم بكثرة فى نظم عرض الحروف والأرقام كما يستخدم فى الحاسبات الدقيقة .

ويستعمل فى هذا النظام أربعة مواضع ثنائية لتمثيل الأرقام من 0 إلى 9 باستخدام الأسلوب المعتاد وتمثل الأرقام من 10 إلى 15 بالحروف الهجائية من A إلى F . كما هو مبين بالشكل ٢ — ٨ .

النظام العشرى	النظام الثنائى				السداسى عشر
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	1	0	1	0	A
11	1	0	1	1	B
12	1	1	0	0	C
13	1	1	0	1	D
14	1	1	1	0	E
15	1	1	1	1	F

10 = 1010 = A
11 = 1011 = B
12 = 1100 = C
13 = 1101 = D
14 = 1110 = E
15 = 1111 = F

شكل ٢ — ٨ نظام الترقيم السداسى عشر

ويمكن تكون الأرقام الأكبر من 15 باستخدام مجموعة من أربعة مواضع ثنائية لكل رقم سداسى عشر ، وكمثال فإن 1001 0111 تمثل الرقم 79 . وبالمثل فإن الستة عشر موضعاً ثنائياً 1111 1101 0110 1011 تمثل الرقم السداسى عشر B6DF . وعلى ذلك فإن هذا النظام مفيد فى تفسيره .

الفصل الثالث

الدوائر المنطقية المتكاملة

٣ — ١ مقدمة

تطورت الدوائر الألكترونية المنطقية خلال عدة مراحل . كان أولاها بوابات « و » (AND)وبوابات « أو » (OR)المصنعة من النبائط الثنائية (Diode) وأسفر التقدم السريع فى تكنولوجيا أشباه الموصلات عن ظهور دوائر إلكترونية مختلفة من النوع النشيط . فى المراحل الأولى كانت عناصر الدوائر المنطقية المصنعة كدوائر متكاملة عبارة عن تكرار أو « نقل مباشر » للدوائر المصنعة من عناصر منفصلة . فى هذه المرحلة كانت الدوائر الألكترونية تركب من مجموعة من رقائق السيليكون تتصل ببعضها بمجموعة من الأسلاك . تغيرت بعد ذلك طرق تصميم الدوائر بحيث تلائم تكنولوجيا تصنيع الدوائر المتكاملة ، والتقدم الملحوظ فى طريقة تركيبها وبنائها . لذلك ظهرت تصميمات جديدة للدوائر المنطقية بدلا من أن تكون تكراراً للنماذج المبنية من وحدات منفصلة . تبين بعد ذلك أن درجة تعقيد الدوائر لا تمثل عائقاً لعمليات التصنيع المختلفة وتم بذلك إنتاج دوائر شديدة التعقيد وذات كفاءة عالية فى نفس الوقت .

٣ — ٢ اختيار نوع الدوائر المنطقية

عند اختيارنا لنوع من أنواع الدوائر المنطقية فاننا نناقش العوامل التالية :

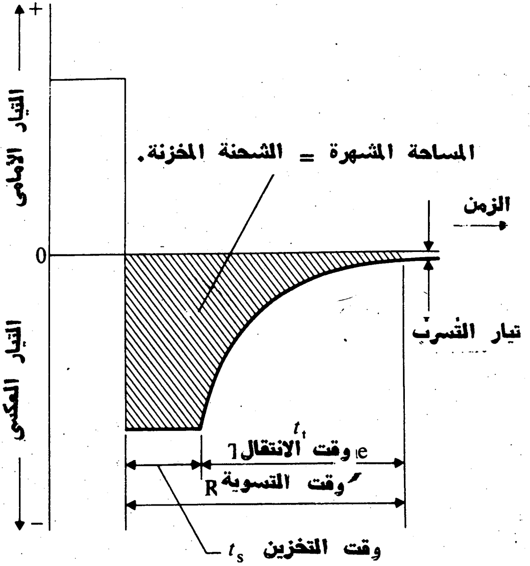
(أ) سرعة التشغيل .
(ب) المناعة ضد الضوضاء .
(ج) استهلاك الطاقة .
(د) درجات حرارة التشغيل المتوقعة .
(هـ) نوع التغليف .
(و) التكلفة .
(ز) توافر الدوائر .

ولا توجد أى أهمية لترتيب هذه العوامل بالنسبة لبعضها البعض ولكن عند اعتبار تطبيق معين يملى التطبيق نفسه الترتيب الذى يجب أن تؤخذ به هذه العوامل .

٣ — ٣ سرعة التشغيل

تعرف سرعة تشغيل البوابة المنطقية بأنها الوقت اللازم لانتشار الإشارة المنطقية من المدخل خلال البوابة وحتى الخرج . ويمكن دراسة واحد من العوامل التى تؤثر فى زمن الانتشار بالنظر إلى ما يحدث للنبيطة الثنائية عند وضع

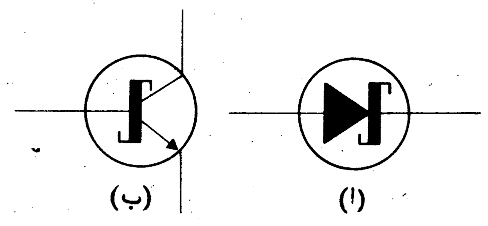
جهد فى الاتجاه الأمامى ، وتغيير هذا الجهد فجأة ليصبح جهداً فى الاتجاه العكسى . لا يتم انخفاض قيمة التيار المار فى النبيطة إلى صفر ، أو إلى قيمة تيار التسرب العكسى فى نفس لحظة عكس الجهد المؤثر على النبيطة الثنائية وذلك لأن حاملات الشحنة لابد أن تتحد أولا مع الذرات وتختفى الشحنات الحرة . خلال هذه الفترة تمر نبضة من التيار العكسى كما هو مبين فى شكل ٣ – ١ . وتمر فترة زمنية محدودة حتى يتضاءل التيار العكسى إلى قيمة تيار التسرب العكسى . وفى خلال هذه الفترة الزمنية يتسبب التيار العكسى فى تخزين شحنة فى وصلة النبيطة بذلك تبعد حاملات الشحنة الحرة من وصلة النبيطة (زمن التخزين) . وعند إتمام ذلك يبدأ التيار العكسى فى التضاؤل تدريجياً لتصبح قيمته النهائية مساوية لتيار التسرب العكسى (زمن الانتقال) . ويمثل الزمن الكلى (زمن التسوية) مدة تأخير انتشار الإشارة المحولة بالنبيطة الثنائية .



شكل ٣ – ١ تخزين الشحنة فى النبيطة الثنائية

أدت جهود الباحثين الموجهة لتحسين أداء النبائط ثنائية القطبية المستخدمة فى دوائر التحويل إلى ظهور نبيطة شوتكى الثنائية – ولا يعتمد التيار فى هذه النبيطة على حاملات شحنات الأقلية لأنها مركبة من معدن وشبه موصل من نوع n . بهذه الطريقة تم توفير الجزء الأكبر من زمن تخزين الشحنة كذلك أصبح من الممكن تشغيل هذا النوع الجديد من النبائط (سواء النبائط الثنائية أو الترانزستورات) بحيث يكون زمن الانتشار صغيراً جداً (فى حدود أجزاء من 10^{-9} من الثانية) . ويبين شكل ٣ – ٢ – الرموز المستخدمة فى رسم كل من النبائط الثنائية والترانزستورات التى تستخدم وصلات شوتكى .

تعمل بعض الأجهزة الرقمية بمعدل بطئ بحيث يكون من المقبول حدوث تأخير فى زمن انتشار الإشارات فى حدود واحد من ألف فى الثانية (1 ms) وخصوصاً فى نظم التحكم فى آلات التصنيع . لكن الحاسبات الرقمية المتقدمة تتطلب زمن انتشار فى حدود جزء من ألف مليون جزء من الثانية (1 ns) . ويتراوح زمن الانتشار فى معظم أنواع الدوائر المتكاملة (IC) المصنعة الآن بين (جزءين إلى مائة جزء) من ألف مليون جزء من الثانية (2ns – 100 ns)



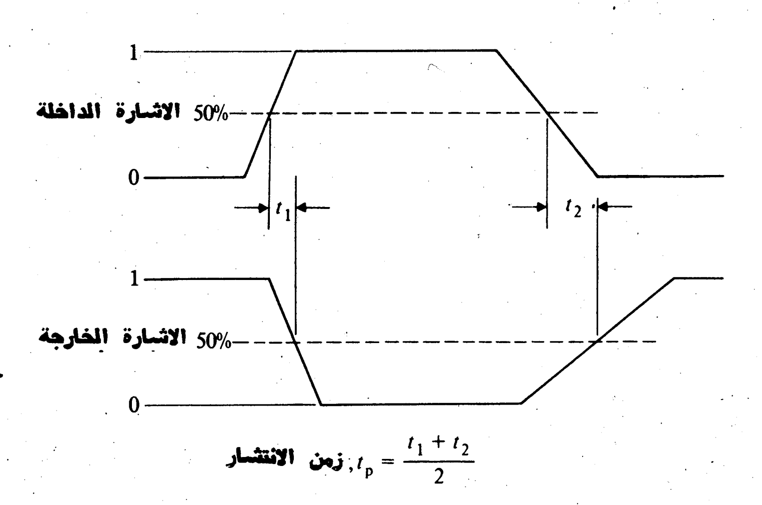
شكل ٣ – ٢ – رموز تستخدم فى رسم نبائط شوتكى

(ا) نبطية شوتكى الثنائية

(ب) ترانزستور شوتكى

خواص التحويل فى الدوائر المتكاملة (IC's) غير متماثلة بحيث يختلف الزمن اللازم لانتقال التغيير فى الإشارة المؤثرة على المداخل من قيمة منطقية عالية إلى قيمة منطقية منخفضة عن الزمن اللازم إذا كان التغيير فى الإشارة من قيمة منطقية منخفضة إلى قيمة منطقية عالية . وتسمى القيم المنطقية (المستويات المنطقية) التى تتأثر بها الدوائر المنطقية بقيم الحدود (مستويات الحدود) . وتنص المواصفات عادة على أصغر حد للقيمة العالية وأكبر حد للقيمة المنخفضة ويعرف زمن الانتشار ، عادة ، بأنه المتوسط الحسابى لزمنى الانتشار (زمن انتشار تغيير إشارة المدخل من عال إلى منخفض وزمن انتشار تغيير إشارة المدخل من منخفض إلى عال) . يبين شكل ٣ – ٣ زمن انتشار دائرة عاكسة ويتحدد زمن الانتشار فى كل حالة عند ٥٠ ٪ من مستويات الإشارة المستخدمة .

تؤثر السعات الشاردة والمتصلة بخرج البوابة تأثيراً ملموساً على زمن الانتشار . والأزمنة السابق ذكرها تفترض وجود مكثفات فى الخرج فى حدود من 15 PF إلى 30 PF .



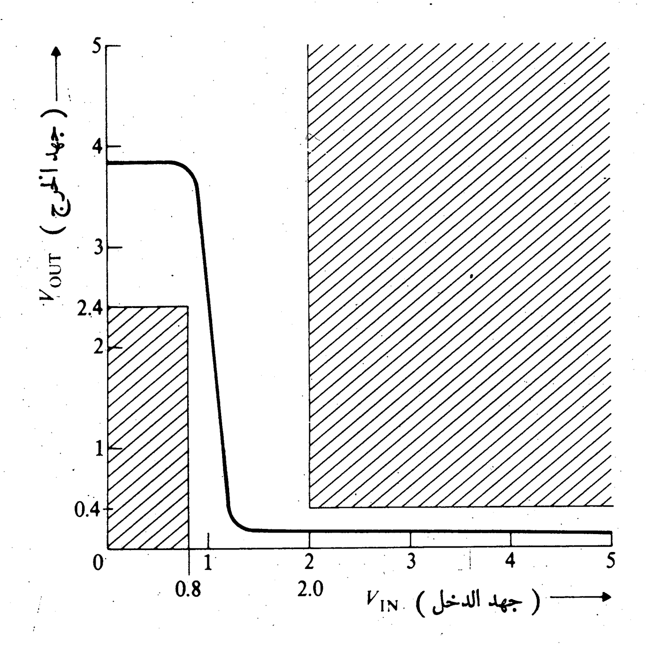
شكل ٣ – ٣ زمن الانتشار فى دائرة عاكسة (NOT)

٣ – ٤ المناعة ضد الضوضاء

تسمى الجهود العشوائية التى تتكون (تتولد) فى مسارات الإشارات **بالضوضاء** . ومن الممكن أن يتسبب ظهور هذا النوع من الضوضاء فى تحويل خاطىء للدوائر المنطقية . وعادة تتولد أيضاً ضوضاء داخل النظام الإلكترونى بسبب الشوشرة المتبادلة بين خطوط سير الإشارات ويراعى فى تصميم البوابات المنطقية أن تكون لها مناعة ذاتية ضد هذا النوع من الضوضاء وتعرف هذه المناعة بتوصيف مستويات حدية للإشارات . فمثلا يعرف **حد الضوضاء المنخفض** بأنه الفرق بين أعلى قيمة للجهد المنخفض فى الخرج وأصغر قيمة لحد الجهد المنخفض المؤثر على المدخل . كما يعرف **حد الضوضاء المرتفع** بأنه الفرق بين أصغر قيمة للجهد المرتفع فى الخرج وأعلى قيمة لحد الجهد المرتفع المؤثر على المدخل . وغالباً ما يكتب أصغر الحدين فى المواصفات كحد للمناعة ضد الضوضاء . لذلك :

يمكننا الآن تعريف المناعة ضد الضوضاء بأنها درجة احتمال البوابة لحدوث تغييرات فى مستويات الإشارة الداخلة بدون حدوث تغيير ملحوظ فى حالة الخرج . وبذلك **يكون حد الضوضاء من نوع $d.c$ هو الفرق بين جهد الخرج وحد جهد الدخل .**

دعنا الآن نتفهم المناعة ضد الضوضاء وحدود أمان المناعة ضد الضوضاء بالنظر إلى بوابة نفى « و» **(NAND)** من نوع الـ **TTL** . ويبين شكل ٣ – ٤ العلاقة بين جهد المدخل وجهد الخرج لهذه البوابة حيث تمثل المساحات المهشرة قيماً للجهود تمنع المواصفات وصول جهوذ المداخل والخرج لها . ويمكن التعبير عن هذه المساحات بالقول **بأن جهد خرج البوابة سيكون أقل من 0.4V فى الحالة المنطقية «0» وسيكون أعلى من 2.4V فى الحالة المنطقية «1» تبعاً لمواصفات البوابة . كما تكون حدود الانتقال بين 0.8V و 2.0V .**



شكل ٣ – ٤ – العلاقة بين الدخل والخرج لبوابة نفى « و » (NAND) من نوع الـ TTL

بذلك يمكن حساب حدود الأمان ضد الضوضاء فى « و » (NAND) من نوع الـ TTL كما يلى :

حد الأمان ضد الضوضاء فى الحالة 0 هو : 0.8 — 0.4 = 0.4V

حد الأمان ضد الضوضاء فى الحالة 1 هو : 2.4 — 2.0 = 0.4V

∴ حد الأمان المضمون فى المواصفات ضد الضوضاء = 0.4V

= 400 mV

٣ ــ ٥ عدد المداخل وعدد تفريعات الخرج

يعرف **عدد المداخل** للبوابة المنطقية بأنه أكبر عدد من المداخل المختلفة التى يمكن توصيلها على البوابة المنطقية رغم وجود دوائر خاصة تستخدم لزيادة عدد الإشارات الممكن توصيلها على مداخل البوابة المنطقية ، إلا أن أقصى عدد من المداخل للبوابة يتحدد عادة بزمن انتشار الإشارة خلال البوابة .

ويعرف عدد **تفريعات الخرج** للبوابة المنطقية بأنه أكبر عدد من البوابات التى يمكن إمدادها بالإشارة المتولدة على خرج البوابة بدون أن يتسبب ذلك فى تغيير قيمة الجهد الخارج عن المواصفات .

٣ ــ ٦ استهلاك الطاقة

تتحدد احتياجات الدوائر المنطقية من التيار الكهربى بمواصفات استهلاكها للطاقة . وتتغير قيمة التيار المسحوب من المنبع تبعاً للحالة المنطقية لخرج الدائرة . فتسحب البوابة تياراً معيناً عندما يكون الخرج فى الحالة المنطقية 1 وتياراً آخر فى الحالة المنطقية « 0 » وعادة يكتب فى المواصفات متوسط قيمة هذين التيارين .

تستهلك الدوائر الأسرع كمية أكبر من الطاقة إذ أن المقاومات المستخدمة فى تصميمها تكون أصغر فى القيمة فى الدوائر العادية . علاوة على ذلك خلال عمليات التحويل الأسرع تسحب السعات الشاردة تيارات أعلى . ويعمل معظم أنواع الدوائر المتكاملة (IC) . بجهد تغذية فى حدود 5V وتستهلك طاقة فى حدود من 1mW إلى 100 mW لكل بوابة .

٣ ــ ٧ مدى درجات حرارة التشغيل

يعرف مدى درجات حرارة التشغيل بأنه درجات حرارة الجو المحيط بالنبيطة والتى يمكن أن تعمل فيه بكفاءة وفى حدود مواصفاتها . وهناك نطاقان قياسيان لدرجات حرارة الدوائر المتكاملة أولهما نطاق درجات الحرارة **للاستخدامات العسكرية** (من −55°C إلى 125°C) والآخر يسمى نطاق درجات الحرارة **للاستخدامات التجارية** (من 0°C إلى 70°C) وتصنع الدوائر للعمل فى واحد من هذين النطاقين إلا أن ذلك لا يمنع أن هناك بعض أنواع الدوائر مصممة لتعمل فى نطاقات محددة أخرى لدرجات الحرارة .

٣ ــ ٨ أنواع الدوائر المنطقية

تقوم مصانع الدوائر المتكاملة بعمل تصميمات مختلفة وجديدة بدون التقيد بأى مواصفات قياسية . وأدى هذا إلى ظهور أنواع جديدة ومختلفة للدوائر المنطقية . وانتشرت أنواع معينة منها وأصبحت أكثر شيوعاً وينتجها معظم المصانع .

عادة يتم تصنيف أنواع الدوائر المنطقية المتكاملة تبعاً لشكل دائرة البوابة الأساسية وهذه الأنواع هى :

(أ) دوائر منطق المقاومة – الترانزستور من نوع (RTL)

(ب) دوائر منطق النبيطة الثنائية – الترانزستور (DTL)

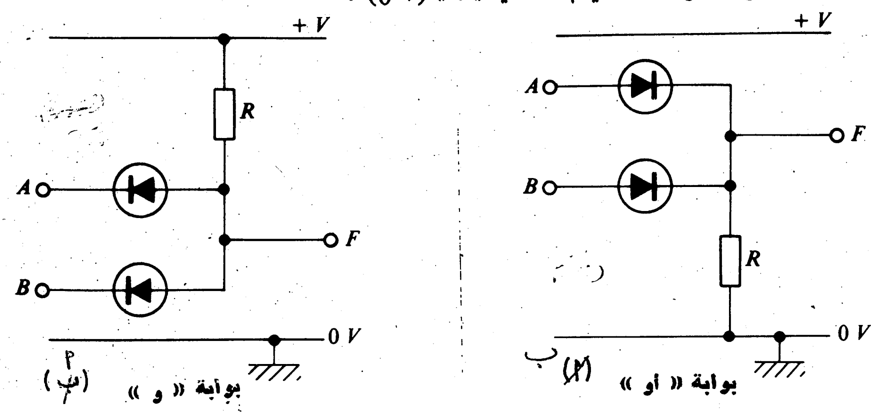
(جـ) دوائر منطق ترانزستور – ترانزستور . (TTL)

(د) دوائر منطق ترتبط عن طريق المرسل (ECL)

(هـ) دوائر منطق تستخدم ترانزستور . (CMOS)

٣ — ٩ دوائر منطق النبيطة الثانية والمقاومة

(أ) بوابة « و » (*AND*) باستخدام النبيطة الثنائية فى شكل ٣ — ٥ (أ) عندما تكون أى من الإشارات الداخلة عند A أو B أو كلتاهما قيمتها المنطقية « 0 » (0 V) .



شكل ٣ — ٥ دوائر منطق النبيطة الثنائية والمقاومة (DRL)

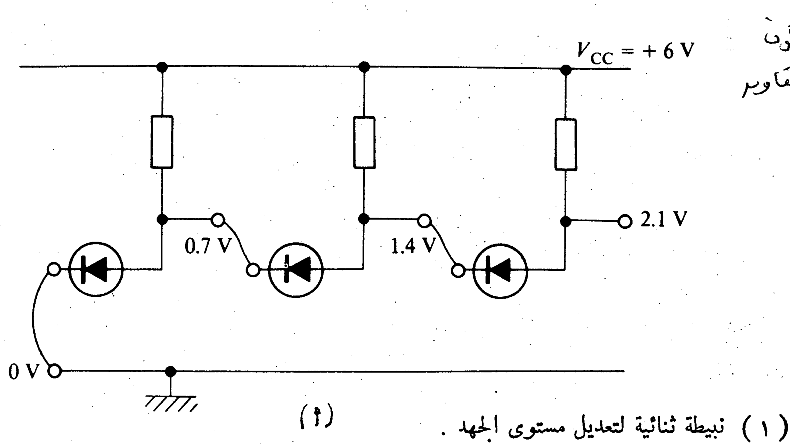
تكون النبائط الثنائية المؤثرة عليها هذه الإشارات موصلة فى الاتجاه الأمامى وبالتالى يمر بها تيار أمامى . يسبب هذا التيار حدوث فرق جهد على المقاومة R بحيث تكون قيمة الإشارة الخارجة عند F صغيرة (القيمة المنطقية 0) . إلا أن قيمة هذه الإشارة لا تكون 0 V ، ولكنها فى الواقع تساوى فرق الجهد الموجود على النبيطة الثنائية عند توصيلها للتيار فى الاتجاه الأمامى ، أى يساوى 0.7 V للنبيطة من السيليكون و 0.3 V للنبيطة من الجرمانيوم .

لنفرض الآن أن كلا من الإشارتين الداخلتين على A « و » B فى الحالة المنطقية « 1 » (+ V volts) وفى هذه الحالة فكلا من النبيطتين الثنائيتين تكون واقعة تحت فرق جهد عكسى وبذا لا تسمح كل منهما بمرور تيار (إلا تيار التسرب الصغير جداً) . بذلك لا يمر أى تيار فى المقاومة R وتكون قيمة جهد الخرج F مساوية + V وهى قيمة جهد المنبع المغذى للدائرة وتكون الإشارة الخارجة لها القيمة المنطقية « 1 » .

(ب) بوابة « أو » (*OR*) باستخدام النبيطة الثنائية . فى شكل ٣ — ٥ (ب) عندما يكون كل من الاشارتين المؤثرتين على A و B قيمتهما المنطقية « 0 » (0 V) تكون كل من النبيطتين الثنائيتين فى الإتجاه العكسى ولا يمر أى تيار وتكون الإشارة عند الخرج F قيمتها المنطقية 0 (0 V) .

فى حالة ما يكون أى من الإشارات الداخلة على B « أو » A أو كلتاهما فى الحالة المنطقية 1 (+ V volts) تصبح النبيطة الثنائية المتصلة بهذه الإشارة فى الاتجاه الأمامى ويمر تيار فى المقاومة R وتكون الإشارة المنطقية على

* هذا الكلام يطبق فقط على البوابات التى تتكون من دايودات ومقاومات



(أ)

(١) نبيطة ثنائية لتعديل مستوى الجهد .

V_{CC} = + 6 V

نبيطة ثنائية لتعديل مستوى الجهد

I_2

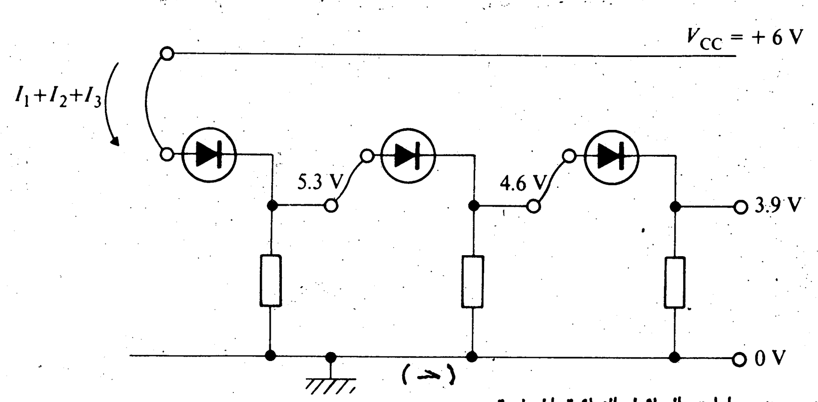
0.7 V

0 V

I_2 تيار مروره يمكن أن يتسبب فى أن تصبح النبيطة الثنائية موجهة فى الاتجاه العكسى

0 V

(ب)



(جـ)

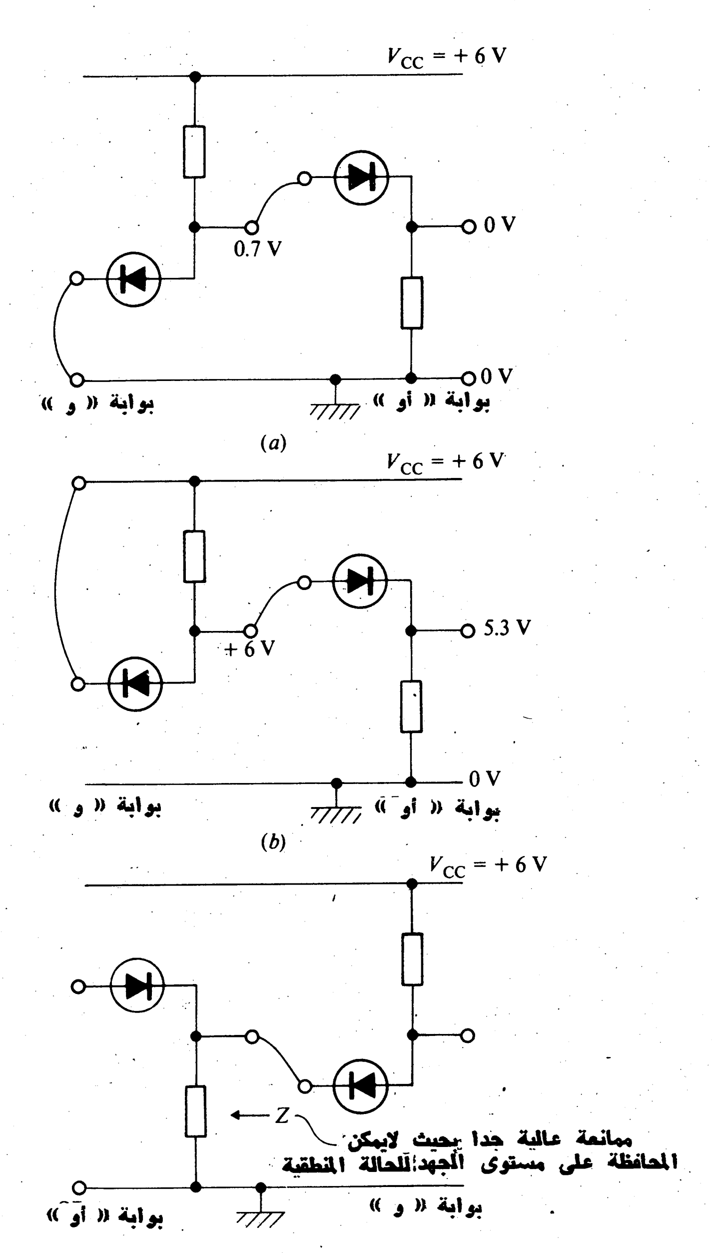
شكل ٣ – ٦ بوابات النبائط الثنائية المتتابعة .

(أ) بوابات « و » (AND) المتتابعة .

(ب) بوابة « و » (AND) مع نبيطة ثنائية معدلة للجهد .

(جـ) بوابات « أو » (OR) المتتابعة .

* هذا الكلام ينطبق فقط على البوابات التي تتكون من دايودات و مقاومه



شكل ٣ – ٧ تغذية بوابات نبائط ثنائية .

(ا) بوابة « و » تغذى بوابة « أو » .

ب) بوابة « و » تغذى بوابة « أو » فى الحالة المنطقية

(هـ) بوابة « أو » لايمكن تغذيتها ببوابة « و » .

V_F = معناها هنا سقوط الجهد بمعنى يكون الجهد المسلط على الدايود في الاتجاه الامامي

الخرج F فى الحالة المنطقية "1" . ويلاحظ أن قيمة جهد الإشارة المنطقية "1" تساوى $(+V - V_F)$ volts وبذلك تكون $(V - 0.7)$ volt للنبائط المصنوعة من السيليكون وتكون $(V - 0.3)$ volts لنبائط الجرمانيوم .

٣ – ١٠ بوابات متتابعة بالنبائط الثنائية

عندما وضع مجموعة متتابعة من بوابات « و » «(AND)» فإن كل نبيطة ثنائية تستهلك جزءاً من الجهد بحيث أن مجموع الجهود المستهلكة على النبائط المتتابعة تجعل الإشارة عند الخرج غير صحيحة كما هو مبين فى شكل ٣ – ٦ (أ) ويتم فى بعض الحالات توصيل نبيطة ثنائية لتصحيح فرق الجهد المستهلك كما هو مبين فى شكل ٣ – ٦ (ب) ، إلا أنه فى هذه الحالات لا يمكن توصيل أى بوابات أخرى من نوع « و » للخرج لأن التيار المار فى النبيطة الثنائية للبوابة المضافة (فى الحالة المنطقية ذات الجهد المنخفض) سيمر أيضاً فى النبيطة الثنائية المستخدمة لتعديل الجهد مما سيؤدى إلى توجيه هذه النبيطة فى الاتجاه العكسى كما هو مبين فى شكل ٣ – ٦ (ب) .

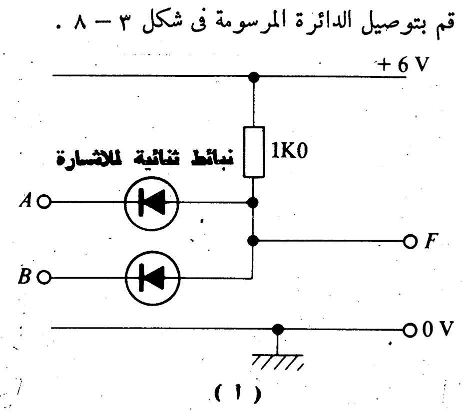
عند توصيل بوابات « أو » (OR) فى تتابع تنخفض الإشارة الممثلة للقيمة المنطقية "1" فى كل مرحلة بما يساوى فرق الجهد الواقع على النبيطة الثنائية الموصلة فى الاتجاه الأمامى ولذلك يجب التأكد من أن مصدر الإشارة الداخلة على أول المجموعة قادر على تغذية التيار لكل البوابات المتتابعة كما هو مبين فى شكل ٣ – ٦ (جـ) .

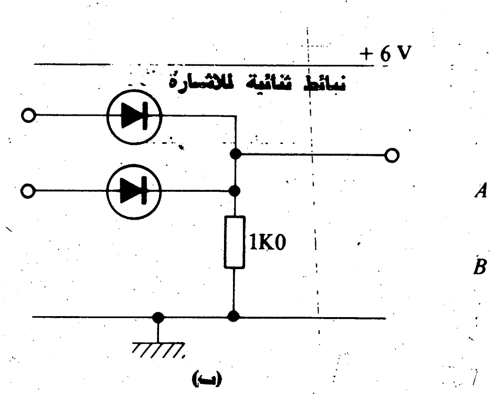
ويمكن استخدام بوابات « و » لتغذية بوابات « أو » كما هو مبين فى شكل ٣ – ٧ (أ) ، (ب) ولكن لا يمكن لبوابات « أو » أن تغذى بوابات « و » ذلك بسبب أن ممانعة بوابة « أو » فى الحالة المنطقية "0" تكون صغيرة بحيث لا يمكن المحافظة على مستوى الجهد المطلوب . كما هو مبين فى شكل ٣ – ٧ (جـ) .

تمرين عملى ٣ (أ) :

بوابات منطقية نبيطة ثنائية ومقاومة

قم بتوصيل الدائرة المرسومة فى شكل ٣ – ٨ .





٣ – ٨ – (أ) بوابة « و » AND بالنبيطة الثنائية
(ب) بوابة « أو » OR بالنبيطة الثنائية

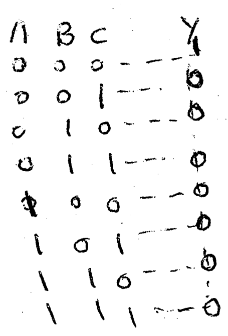
قم بتغذية المداخل بكل توافقيات الإشارات الممكنة على A و B واستنتج جدول الحقيقة لكل من البوابتين واختبر صفات جهد الإشارات المنطقية "1" ، "0" عند الخرج F فى كل حالة .

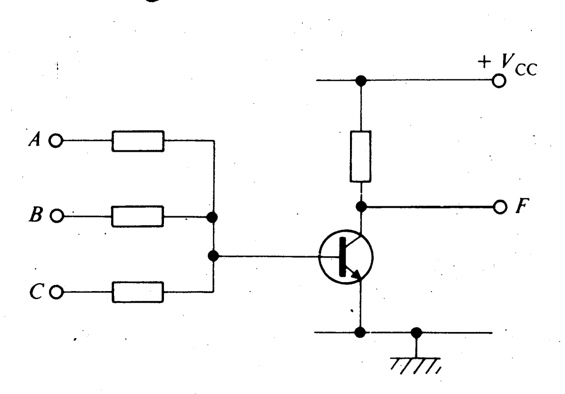
اختبر تأثير تحميل خرج كل بوابة بعدد آخر من البوابات لتحديد أقصى عدد ممكن توصيله على البوابة (حوالى ٦ بوابات فى حالة استخدام نبائط مصنوعة من السيليكون) .

اختبر الدوائر المرسومة فى شكل ٣ – ٧ بتو صيلها لتحديد إمكانيات تحميل كل من هذه البوابات .

٣ – ١١ بوابات منطق المقاومة – الترانزستور (RTL)

هو أول نوع من الدوائر المنطقية تم تصنيعه فى صورة دائرة متكاملة ويرجع ذلك لأن المصانع فى المراحل الأولى من تصنيع الدوائر المتكاملة كانت بطبيعة الحال تميل إلى استخدام نفس تصميمات الدوائر المعروفة ذات الوحدات المنفصلة . يبين شكل ٣ – ٩ بوابة نفى « أو » (NOR) بسيطة من نوع (RTL) .





شكل ٣ – ٩ بوابة نفى « أو » (NOR) من نوع (RTL) .

من المفضل دائماً أن نحاول تقليل عدد وقيمة العناصر الغير نشطة (المقاومات والملفات والمكثفات) فى الدوائر التى يتم تصنيعها على صورة دوائر متكاملة وذلك لصعوبة عمليات التصنيع . بالنظر إلى الدوائر من نوع RTL نلاحظ أن الدائرة تحتوى على عدد كبير من المقاومات بالمقارنة بعدد الترانزستورات مما يسبب صعوبة تصنيعها كدائرة متكاملة (IC) . ويمكن أيضاً أن نذكر عدداً آخر من عيوب الدوائر من نوع (RTL) منها أن مناعتها المنخفضة للضوضاء (تكون عادة فى حدود 300 mV وقلة عدد البوابات الممكن تغذيتها منها . إلا أن بوابات RTL تتميز بسرعة عملية التحويل (زمن انتشار صغير) بالنسبة للطاقة المستهلكة فزمن التحويل يتراوح من 12 إلى 40 ns عندما تكون الطاقة المستهلكة بين 2 و 20 mW للبوابة الواحدة . وتستخدم دوائر (RTL) المتكاملة كوحدات أساسية فى نظم *Mullard NORBIT* التى يكثر استخدامها فى نظم التحكم الصناعى وتركب على هيئة نظم مختلطة من دوائر متكاملة ووحدات منفصلة .

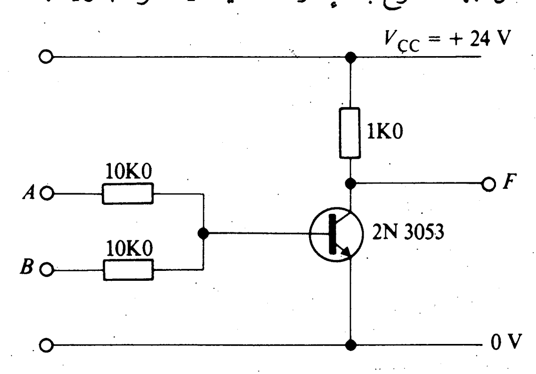
تمرين عملى (٣ ب) :

بوابة RTL مصنعة من وحدات منفصلة

قم بتوصيل الدائرة المرسومة فى شكل ٣ – ١٠ باستخدام وحدات منفصلة . ثم غذها بكل توافقيات الإشارات الممكنة على مداخل البوابة واستنتج جدول الحقيقة . واختبر أيضاً صفات جهد كل من الإشارة المنطقية "1" والإشارة المنطقية "0" عند الخرج F .

قم بقياس حجم الـ D.U (وحدة التحميل) للتيار بالمكونات الموجودة بالشكل .

اختبر تأثير تحميل الخرج بعدد من البوابات التى يمكن تغذيتها من هذه البوابة . وحدد عدد المراحل التى يمكن تغذيتها من هذه البوابة إذا كان أقل جهد مسموح به للإشارة المنطقية "1" هو 18 V .



شكل ٣ — ١٠ بوابة نفى « أو » من نوع RTL مصنعة من وحدات منفصلة

حدد كيف يمكن زيادة عدد البوابات الممكن تغذيتها عن طريق الخرج F ؟

ملحوظة : إذا كانت المقاومات الموصلة على المدخل تساوى 10 kΩ يكون تيار التغذية كافياً لدخول الترانزستور فى حالة تشبع ($V_{CE} = 0.2V$) للترانزستور المصنوع من مادة السيليكون) .

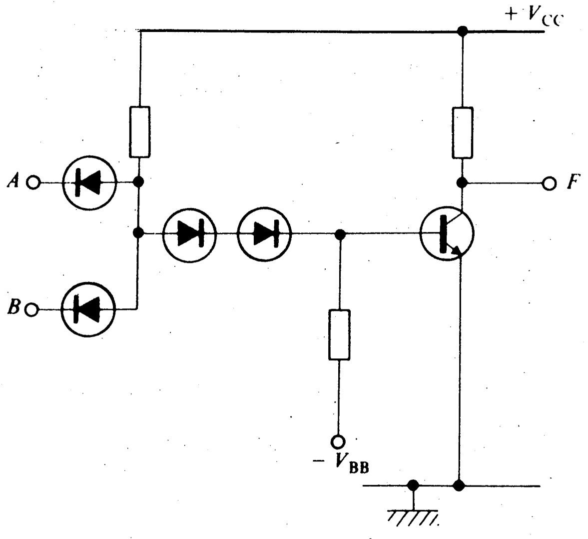
عندما تغذى هذه البوابة بوابات مماثلة يكون حمل التغذية هو 10 kΩ على التوالى مع الوصلة قاعدة — مرسل (حوالى 1 kΩ) للترانزستور المغذى . فإذا كان هناك أكثر من بوابة محملة على الخرج F فإن جميعها يمكن تمثيلها بمجموعة من المقاومات الموصلة على التوازى كل منها 10 kΩ. كل حمل من هذه البوابات يسحب تيار تغذية من المنبع بحيث أن جميع التيارات المسحوبة لابد أن تمر فى المقاومة 1 kΩ الواصلة بين المنبع (24 V) ومجمع الترانزستور . ويجب أن لا يزيد التيار المار فى هذه المقاومة عن 6mA ($6\text{ mA} \times 1\text{ k}\Omega = 6\text{ V}$)حتى لا يقل الجهد الممثل للحالة المنطقية "1" عن 18V وهذا يعنى أن هناك حداً أقصى لعدد البوابات الممكن تغذيتها من الخرج F .

يمكن تحديد أقل تيار تغذية للقاعدة يكفى لوضع الترانزستور فى حالة تشبع وذلك بقياس تيار التغذية مع تغيير المقاومة الموصلة فى المدخل بتوصيل مقاومة متغيرة 1 MΩ على التوالى مع مقاومة المدخل10 KΩ . فإذا أمكن تعديل الدوائر كلها بزيادة المقاومات بحيث تسحب كل بوابة أقل تيار تغذية لأمكن زيادة الحد الأقصى لعدد البوابات (عدد تفريعات الخرج) التى يتم توصيلها على الخرج F .

٣ — ١٢ بوابات منطق النبيطة الثنائية — الترانزستور (DTL)

تمثل هذه البوابات النوع الأول الذى نجحت فيه الدوائر المتكاملة ولا يزال مستخدماً حتى اليوم .

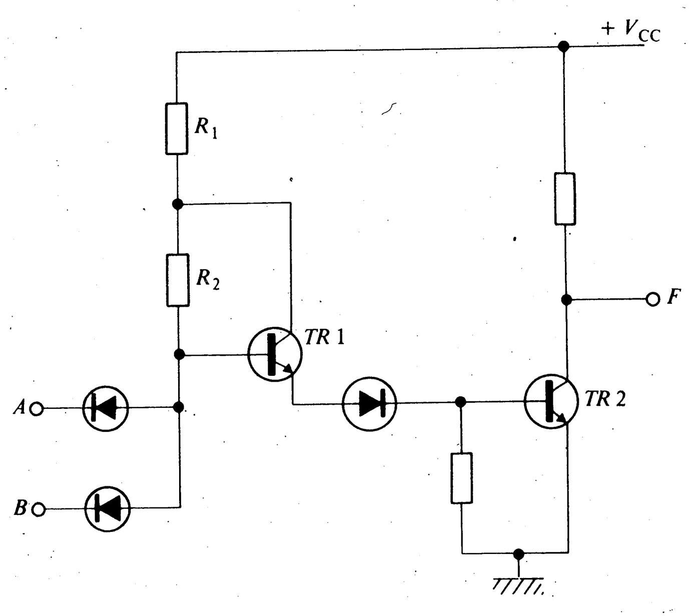
يبين شكل ٣ — ١١ بوابة نفى « و » NANDبسيطة . يلاحظ أن الجزء الأول عبارة عن بوابة « و » مصنعة باستخدام النبائط الثنائية ثم تستخدم اثنتين من النبائط الثنائية موصلتين على التوالى لتصحيح الجهد ثم ترانزستور لتقوية الإشارة وعكسها .



شكل ٣ – ١١ بوابة نفى « و » (NAND) من نوع (DTL)

يمكن تعديل البوابة المرسومة فى شكل ٣ – ١١ بتوصيل ترانزستور إضافى لتقليل استهلاك الطاقة وزيادة عدد البوابات الممكن تغذيتها منها كما هو مبين فى شكل ٣ – ١٢ .

عندما تكون جميع الإشارات الداخلة لها القيمة المنطقية "1" تكون النبائط الثنائية فى المداخل موجهة فى الاتجاه العكسى ويمر تيار فى المقاومات R_1 و R_2 بحيث يصبح الترانزستور TR 1 فى حالة تشبع .



٣ – ١٢ بوابة نفى « و » (NAND) من نوع DTL تم تحسينها باستخدام ترانزستور إضافى

بذلك يغذى الترانزستور TR 1 والترانزستور TR 2 وتصبح الإشارة عند الخرج F فى الحالة المنطقية 0 .

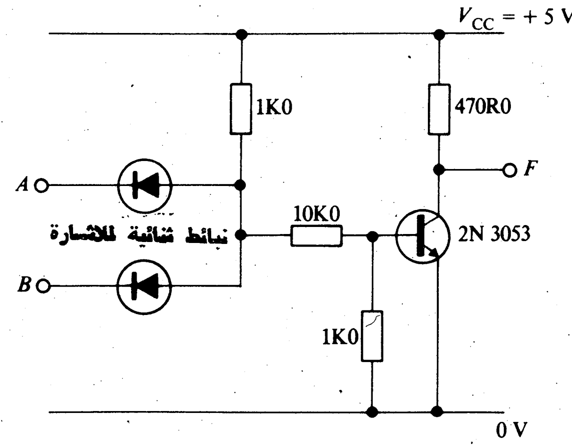
عندما تكون أى من الإشارتين أو كلتاهما فى الحالة المنطقية "0" يتحول التيار المار فى R1 و R2 من الترانزستور TR 1 إلى النبيطة الثنائية وبذلك يصبح الترانزستور TR1 وTR 2 فى حالة قطع وتكون الإشارة عند نقطة الخرج F فى الحالة المنطقية "1" وبذلك تتحقق الدالة المنطقية نفى « و » (NAND) .

فى دوائر (DTL) يكون زمن الانتشار فى حدود 25 ns وتستهلك طاقة بين 5 mW و 10 mW لكل بوابة . ويمكن أيضاً تغذية من ٨ إلى ١٠ بوابات بواسطة بوابة من نوع DTL . أما مناعتها ضد الضوضاء فتساوى 1 V تقريباً . ويمكن تصنيع دوائر من نوع DTL تستهلك طاقة فى حدود من 1 mW إلى 2 mW للبوابة الواحدة ولها مناعة ضد الضوضاء عالية (5 V تقريباً) وزمن انتشار الإشارة يتراوح من 50 إلى 60 ns .

تمرين عملى ٣ (ج) :

بوابة DTL مصنعة من مكونات منفصلة

قم بتوصيل الدائرة المرسومة فى شكل ٣ – ١٣ باستخدام مكونات منفصلة .



شكل ٣ – ١٣ بوابة نفى (« و » من نوع (DTL) مصنعة من مكونات منفصلة

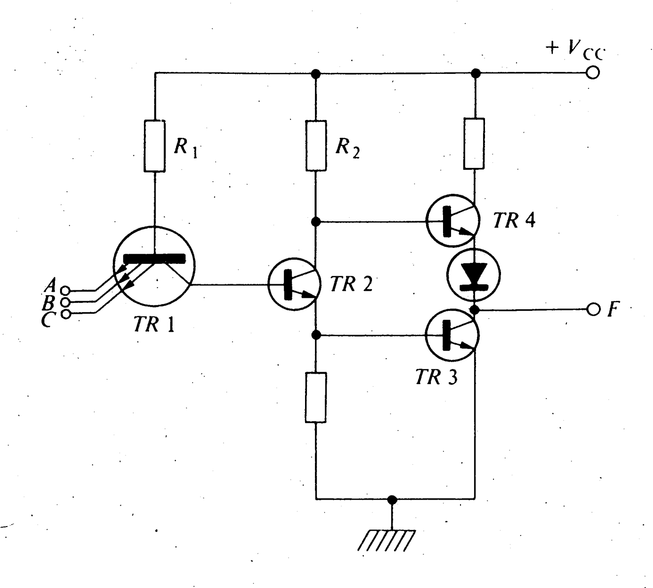
قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الداخلة واستنتج جدول الحقيقة للبوابة المرسومة .

اختبر قيمة جهد القيم المنطقية "1" و "0" .

اختبر تأثير تحميل الخرج ببوابات أخرى .

٣ – ١٣ بوابات منطق الترانزستور – الترانزستور (TTL)

كان التطور الطبيعى لدوائر DTL هو ظهور بوابات منطقية من نوع TTL التى استبدلت فيها النبائط الثنائية فى المداخل بوصلة مرسل – قاعدة لترانزستور له أكثر من مرسل كما هو مبين فى شكل ٣ – ١٤ .



شكل ٣ – ١٤ بوابة نفى « و » من نوع TTL

ساعد على انتشار هذا النوع من الدوائر المنطقية سهولة تصنيع ترانزستور له أكثر من مرسل باستخدام الدوائر المتكاملة . وعندما تكون جميع الإشارات الداخلة لها القيمة المنطقية "1" تكون الوصلة بين المرسل والقاعدة موجهة فى الاتجاه العكسى ويمر تيار فى R 1 ووصلة القاعدة – المجمع للترانزستور TR 1 . ويغذى هذا التيار الترانزستور TR 2 بتيار كاف بحيث يصل TR 3 إلى حالة تشبع ويكون TR 4 فى حالة قطع وبالتالى تكون الإشارة المنطقية عند الخرج F فى الحالة "0" .

عندما يكون أى من الإشارات الداخلة على مجموعة المرسلات فى الحالة المنطقية "0" يمر تيار خارجاً من مرسل الترانزستور المؤثر عليه بالإشارة "0" . ذلك يسبب انقطاع التيار الذى يغذى قاعدة TR 2 مما يسبب انقطاع تيار التغذية للترانزستور TR 3 الذى يصبح فى حالة قطع . نتيجة حدوث قطع فى ترانزستور TR 2 يمر تيار فى R 2 بحيث يغذى TR 4 الذى يصبح فى حالة تشبع وتصبح الإشارة على الخرج F بالقيمة المنطقية "1" .

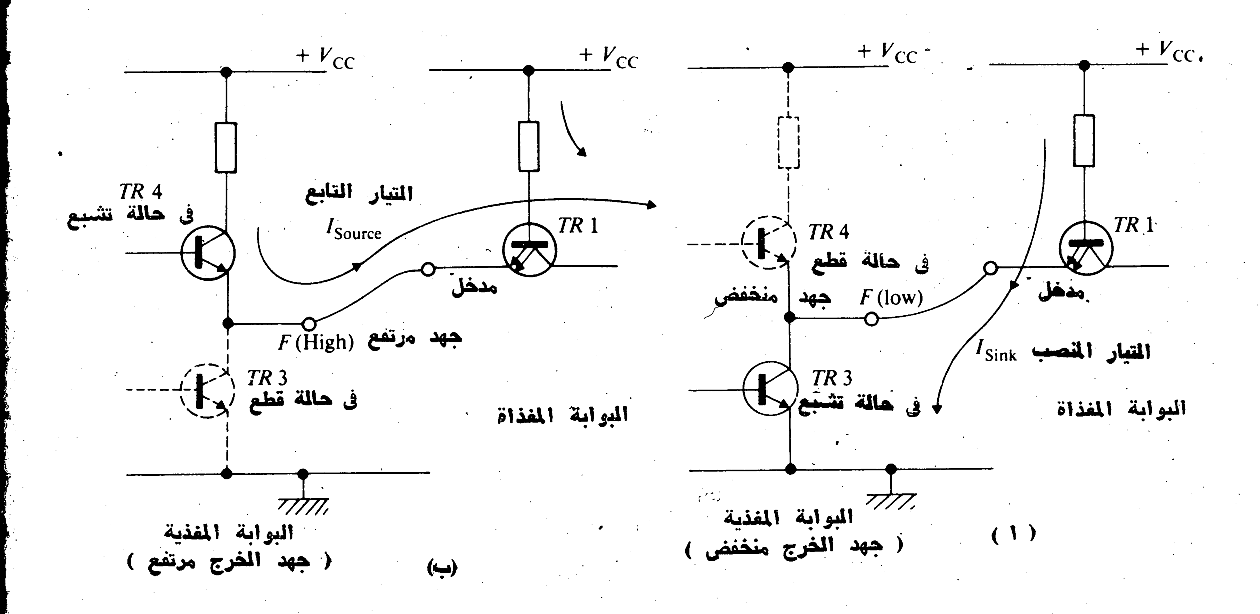
انتشر استخدام دوائر TTL وتم تصميم وإنتاج عدد كبير وأنواع مختلفة منها لتقليل استهلاك الطاقة وزمن الانتشار وزيادة مناعتها ضد الضوضاء . وعادة تنص المواصفات للدوائر من نوع TTL على استهلاك طاقة فى حدود 10 mW وزمن انتشار فى حدود 10 ns ومناعة ضد الضوضاء تصل إلى 1 V . وسيركز هذا الكتاب على الدوائر من نوع TTL لضرب الأمثلة وشرح الأفكار المختلفة للدوائر المنطقية لهذا سنبدأ باعطاء فكرة سريعة عن المواصفات القياسية للأصناف المختلفة من الدوائر من نوع TTL بحيث نعطى للقارئ حدوداً عامة لاستهلاكها للطاقة ، وزمن انتشار الإشارات خلالها ومناعتها ضد الضوضاء وهى كما يلى :

(أ) دوائر TTL السريعة (HTTL)
1 V — 6 ns — 16 mW

(ب) دوائر TTL ذات الاستهلاك الضئيل للطاقة . (LTTL)
1 V — 35 ns — 1 mW
(جـ) دوائر TTL باستخدام وصلة شوتكى (STTL)
0.9 V — 3 ns — 20 mW
(د) دوائر TTL باستخدام وصلة شوتكى ذات الاسهلاك الضئيل للطاقة (LSTTL)
0.8V — 10ns — 2 mW

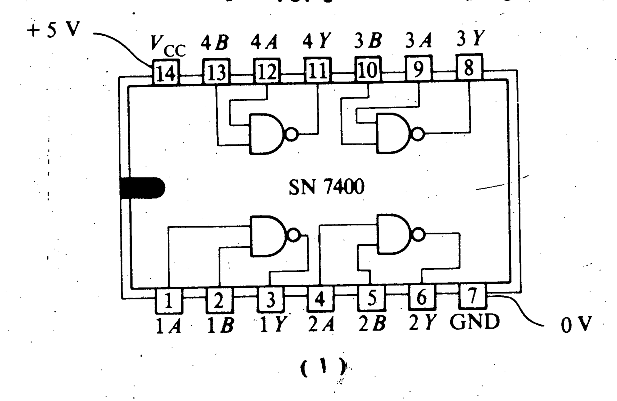
٣ ــ ١٤ التيارات المنصبة والنابعة

عندما تغذى بوابة من نوع TTL بوابة أو بوابات أخرى يجب مراعاة حدود تيارات التغذية التى يحددها الصانعون فعندما يكون خرج البوابة F له القيمة المنطقية "0" (جهد منخفض) يكون مسار التيار كما هو مبين فى شكل ٣ – ١٥ (أ) وتعمل البوابة المغذية (TR3) كمصب للتيار (يمر التيار خلالها للأرض) . وتحدد عادة المواصفات أن التيار المنصب والمار خلال خرج البوابة للأرض لا يجب أن يزيد عن 1.6 mA لكل بوابة يتم تغذيتها ويمكن أن يصل مجموع التيارات المنصبة فى البوابة المغذية الواحدة إلى 16 mA .

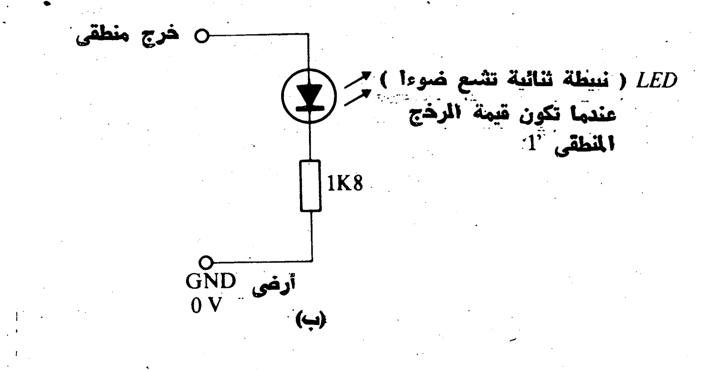


شكل ٣ – ١٥ التيارات المنصبة والنابعة فى دوائر TTL
(أ) تيارات منصبة .
(ب) تيارات نابعة .

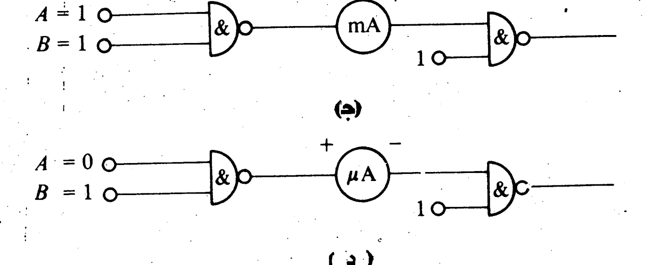
من التحليل السابق يمكن استنتاج أن أقصى عدد من البوابات يمكن تغذيتهابوابة من نوع TTL هو عشر بوابات . وإذا كررنا التحليل السابق عندما يكون الخرج F فى الحالة المنطقية "1" (جهد مرتفع) فسنجد أن مسار التيار قد تغير كما يبين شكل ٣ – ١٥ (ب) فتصبح البوابة فى هذه الحالة منبعاً أو مصدراً للتيار المغذى للبوابة المتصلة بالخرج F . وتحدد المواصفات حداً أقصى للتيار النابع فى حدود 40μA لكل حمل (بوابة متصلة بالخرج F) وتحدد أيضاً الحد الأقصى لمجموع التيارات النابعة هو 400μA . بذلك يمكننا حساب الحد الأقصى لعدد البوابات الممكن تغذيتها من البوابة المنطقية ، وتكون قيمة هذا الحد عشر بوابات أيضاً .



(١)



(ب)



(جـ)

(د)

شكل ٣ – ١٦ بوابات نفى « و » (NAND) من نوع TTL (برقم SN 7400) .

(أ) مسقط رأسى لدائرة متكاملة بها أربع بوابات نفى « و » لكل بوابة منها مدخلان (ب) مبين للحالة المنطقية (جـ) توصيلة لقياس التيار « المنصب » «(د) توصيلة لقياس التيار « النابع » .

ملحوظة : تم الاتفاق على كتابة المواصفات بطريقة معينة بحيث إذا كان التيار داخلا للدائرة تكون إشارته موجبة ، أما إذا كان خارجاً من الدائرة تكون إشارته سالبة . لذلك عندما تكون الإشارة الداخلة فى الحالة المنطقية "0" يكون التيار الداخل $I_{in} = -1.6\ mA$ ، لكنه عندما تكون إشارة الخرج المنطقية "0" يكون التيار المنصب فى الدائرة $I_{sink} = 16\ mA$. أما إذا كانت الحالة المنطقية للداخل "1" يكون التيار الداخل $I_{in} = 40\ \mu A$ وإذا كانت إشارة الخرج عالية (حالة منطقية "1") يصبح التيار المغذى للحمل هو $I_{load} = 400\ \mu A$

تمرين عملى ٣ (د) :

بوابة نى « و » (NAND) من نوع TTL

فى هذا التمرين سنستخدم دائرة متكاملة رقم SN7400 بها أربع بوابات من نوع نى « و » (NAND) كل منها له طرفان للإشارات الداخلة كما هو مبين فى الشكل ٣ — ١٦ (أ) . قم بتوصيل V_{CC} و GND (الأطراف رقم 7 ، 14) إلى + 5V ، 0 V بالترتيب .

اختبر البوابة بتوصيل التوافقيات الممكنة للإشارات الداخلة للبوابة واختبار الحالة المنطقية للخرج باستخدام LED كمبين للحالة المنطقية كما هو موضح بالشكل ٣ — ١٦ (ب) . مع مراعاة أن المقاومة 1 K 8 تسبب انخفاضاً فى الإضاءة إلا أنه يضمن أن LED المستخدم لاختبار الحالة المنطقية لا يسبب زيادة تحميل البوابة المنطقية نفسها .

ويكون جهد الحالة المنطقية "1" = + 5V

وجهد الحالة المنطقية "0" = 0 V

عند استعمال بوابات نى « و » (NAND) (يجب مراعاة توصيل المداخل كلها إما إلى إشارات أو توصيلها على جهد التغذية + V_{CC} خلال مقاومة 1KΩ ، إلا أنه بالنسبة لهذه الاختبارات البسيطة (والتوصيل غير الدائم) يمكن الاستغناء عن هذه المقاومة دون حدوث أى عطب للدائرة عند توصيل المداخل غير المستخدمة مباشرة إلى + V_{CC} .

إدرس كفاءة جهد الحالات المنطقية "1" ، "0" باستخدام أجهزة قياس رقمية للجهد (DMM) .

ملحوظة : من الممكن أن تحدث أخطاء فى قياس جهد الحالة المنطقية باستخدام أجهزة القياس الرقمية (DMM) وفى هذه الحالة يجب عكس أطراف جهاز القياس وطبعاً ستكون إشارة الجهد المسجل على جهاز القياس معكوسة . والسبب فى ذلك أن أجهزة القياس الرقمية متعددة الاستخدامات (DMM) تستخدم دوائر من نوع (CMOS) وعند إجراء قياسات على الممانعة العالية تنتج جهود ضوضائية تتولد بين الأرضى وأطراف الجهاز . وبعكس أطراف الجهاز يمكن التغلب على هذه المشكلة .

قم بقياس التيار المنصب والتيار النابع عندما تكون هناك بوابة تغذى بوابة أخرى فى الحالات المنطقية "1" و "0" باستخدام التوصيلات الموضحة فى شكل ٣ — ١٦ (جـ) و (د) وتأكد من أن هذه التيارات أصغر من 1.6 mA ، 40μA على التوالى .

٣ — ١٥ التعرف على دوائر TTL وطرق ترقيمها

تم وضع نظام متكامل لترميز وترقيم النبائط والدوائر المتكاملة بحيث يمكن تقسيم الرمز والرقم إلى أجزاء منفصلة متميزة يدل كل منها على معلومة عن الدائرة .

مثـال :

SN 74 H 107 N

SN دائرة مصنعة من أشباه الموصلات

74 دائرة متكاملة من نوع TTL تعمل فى مدى معين لدرجات الحرارة يعرف باسم المدى الحرارى التجارى . عادة تصنع دوائر TTL لتعمل فى ثلاثة نطاقات لدرجة حرارة التشغيل أهمها :

سلسلة 54 المدى الحرارى العسكرى من —55°C إلى +125°C

سلسلة 74 المدى الحرارى التجارى من 0°C إلى +70°C

كما يحدد رقم السلسلة 74 أو 54 التغييرات المسموح بها فى جهد التغذية للدائرة (V_{CC}) .

سلسلة 54 من 4.5 V إلى 5.5 V

سلسلة 74 من 4.75 V إلى 5.25 V

H تدل على سرعة انتشار الإشارات خلال الدائرة . وهناك أنواع أخرى من الرموز منها :

L دائرة تستهلك طاقة صغيرة .

S دائرة بها وصلة من نوع شوتكى .

LS دائرة تستهلك طاقة صغيرة وبها وصلة من نوع شوتكى .

R NO LETTE عند عدم وجود حرف(رمز) تكون الدائرة من نوع TTL القياسى .

107 الوظيفة أو الدالة التى تنفذها الدائرة ، وفى هذه الحالة يدل رقم 107 على أنها دائرة قلابة (F.F.) من نوع J – K .

N نوع التغليف الموجودة بداخله الدائرة وهو من أكثر أنواع التغليف انتشاراً ويكون لها 14أو 16 أو 24 طرف توصيل من نوع DIL .

٣ — ١٦ المواصفات — ورقة بيانات TTL

يبين شكل ٣ – ١٧ ورقة بيانات دائرة متكاملة من نوع TTL بها أربع بوابات نى « و » NAND لكل منها مدخلان للإشارات (TTL Quad 2i/p NAND) . ويلاحظ أن ورقات البيانات تشتمل على مواصفات السلسلتين معاً والفرق الوحيد بين السلسلتين تم شرحه فى الفصل ٣ – ١٥ .

يبين المسقط العلوى توزيع التوصيلات وأرقام مسامير التوصيل فى حالة التغليف المسطح أو التغليف مع وضع الأطراف فى خطين متوازيين متناظرين (DIL) . ويجب أن نلاحظ أن هناك اختلافاً فى التوصيلات بين الأطراف لنوعى التغليف المبين بالشكل .

وتحتوى ورقة البيانات على مدى درجات الحرارة المسموح بتشغيل الدائرة فيه وجهود التغذية المطلوبة وأقصى عدد من البوابات يمكن توصيلها على خرج البوابة . ويلى ذلك كتابة متغيرات أسوأ حالات التشغيل كما شرحنا ذلك فى الفصلين ٣ – ٤ و ٣ – ١٤ .

أخيراً تبين ورقة البيانات خواص التحويل للدائرة بتحديد زمن انتشار التغيير فى الإشارة من **منخفض إلى مرتفع** ("0" إلى "1") كما تحدد زمن انتشار التغير فى الإشارة من **مرتفع إلى منخفض** ("1" إلى "0") وذلك إذا تم تحميل البوابة بحمل يتكون من مقاومة 400Ω ومكثف 15PF .

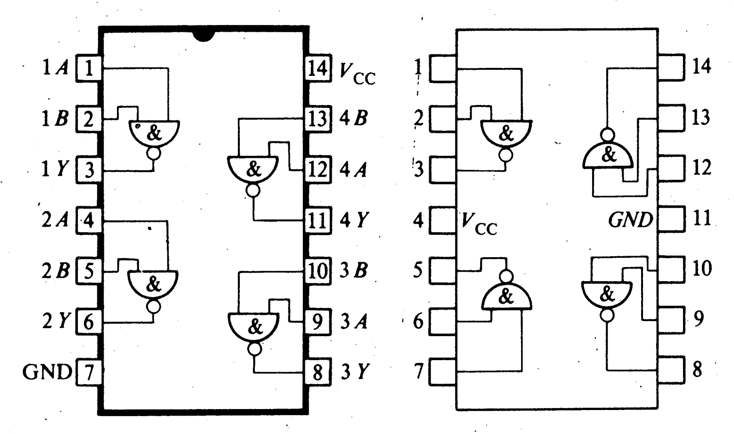
٣ — ١٧ بوابات منطق متصلة عن طريق المرسل ECL

يختلف هذا النوع من البوابات عن الأنواع السابقة فى أن الترانزستورات المستخدمة قد لا تعمل دائماً فى حالة تشبع. وانتشر استعمال هذا النوع فى الحاسبات السريعة التى تتطلب سرعة عالية لانتشار الإشارات لما تتميز به هذه البوابات من سرعة فائقة . ويبين شكل ٣ – ١٨ دائرة ECL يمكن أن تؤدى كلا من عمل بوابة أو (OR) وبوابة نفى « أو » (NOR) .

عندما يكون جهد كل من المدخلين A ، B منخفضاً (الإشارة المنطقية "0") يكون كل من الترانزستورين TR1 ، TR2 فى حالة قطع ويكون جهد مجمع الترنزوستوين عالياً ويترتب على ذلك أن يكون TR3 فى حالة توصيل بتأثير جهد V_{REF} المتصل بقاعدة TR3 ويصبح جهد مجمعه منخفضاً . فى نفس الوقت يتسبب الجهد العالى عند مجمع TR1 ، TR2 فى أن يكون TR4 فى حالة توصيل وبالتالى يصبح الخرج F_1 مرتفع الجهد أى فى الحالة المنطقية "1" . وفى نفس الوقت يتسبب الجهد المنخفض عند مجمع TR3 فى أن يصبح TR5 فى حالة قطع ويكون الخرج F_2 منخفضاً (الحالة المنطقية "0") .

فى الحالة التى يكون فيها أى من المداخل مرتفع الجهد (الحالة المنطقية "1") ينخفض فرق الجهد المؤثر على وصلة المرسل – القاعدة فى TR3 مما يسبب انقطاعه ويصبح جهد مجمع TR3 أعلى من مجمع TR1 ، TR2 . ويترتب على ذلك أن يصبح الجهد عند F_2 مرتفعاً (الحالة المنطقية "1") والجهد عند F_1 منخفضاً (الحالة المنطقية « 0 ») ويمكننا الآن استنتاج الدالة المنطقية عند F_1 ، F_2 . فمن الواضح أن الدالة المنطقية عند F_2 هى دالة « أو » والدالة المنطقية عند F_1 هى نفى « أو » .

ويصل زمن الانتشار إلى 2 ns فى هذا النوع من الدائر وتستهلك طاقة فى حدود 25 mW كما يلاحظ أن أقصى عدد من البوابات يمكن توصيله بهذا النوع من البوابات كبير ويصل إلى ثلاثين بوابة إلا أن مناعة هذه البوابة للضوضاء صغيرة جداً فى حدود 0.2V . وتوجد بوابات من هذا النوع لها زمن انتشار حوالى 1 ns .



(١) تغليفة مسطحة لها ١٤ طرف توصيل　　(٢) تغليفة من نوع DIL لها ١٤ طرف توصيل

(٣) الحد الأقصى لجهد التغذية　$7\ V = V_{CC}$

(٤) الحد الأقصى لجهد الإشارة الداخلة　$5.5\ V = V_{IN}$

(٥) جهد التشغيل العادى للسلسلة　54　$5\ V \pm 0.5\ V = V_{CC}$

(٦) جهد التشغيل العادى للسلسلة　74　$5\ V, \pm 0,25\ V = V_{CC}$

(٧) مدى درجات حرارة التشغيل للسلسلة　54　$55°C$ — إلى $125°C$

(٨) مدى درجات حرارة التشغيل للسلسلة　74　$0°C$ إلى $7.0°C$

الخواص الكهربية :

جهد الإشارات الداخلة	:	المستوى المنخفض $0.8\ V = V_{IL}$ كحد أقصى المستوى المرتفع $2.0\ V = V_{IH}$ كحد أدنى
جهد الخرج	:	المستوى المنخفض $0.4\ V = V_{OL}$ كحد أقصى (القيمة المعتادة $0.22\ V$) . المستوى المرتفع $2.4\ V = V_{OH}$ كحد أقصى (القيمة المعتادة $3.3\ V$) .
التيارات الداخلة	:	المستوى المنخفض ، (V_{CC} = الحد الأقصى لجهد التغذية و $0.4\ V = V_{IN}$) التيار المنخفض $16\ mA = I_{IL}$ — المستوى المرتفع ، (V_{CC} = الحد الأقصى لجهد التغذية و $2.4\ V = V_{IN}$) التيار المرتفع $40 \mu A = I_{IH}$.

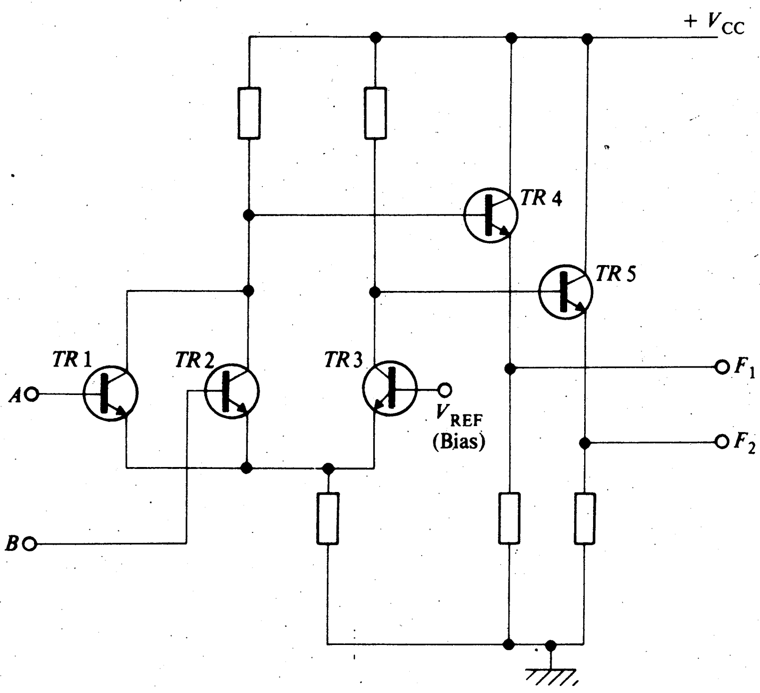
خواص تحويل الإشارات :

عند قياس أزمنة الانتشار باستخدام مقاومة 400Ω ومكثف 15 PF متصلين على التوازى كحمل للبوابة .

زمن الانتشار (للتغير من إشارة "0" إلى إشارة "1") $22\ ns = t_{PLH}$ كحد أقصى (القيمة المعتادة 11 ns)

زمن الانتشار (للتغير من إشارة "1" إلى إشارة "0") $15\ ns = t_{PHL}$ كحد أقصى (القيمة المعتادة 7 ns) .

شكل ٣ – ١٧ ورقة بيانات دائرة من نوع TTL من السلسلة رقم SN 7400 .

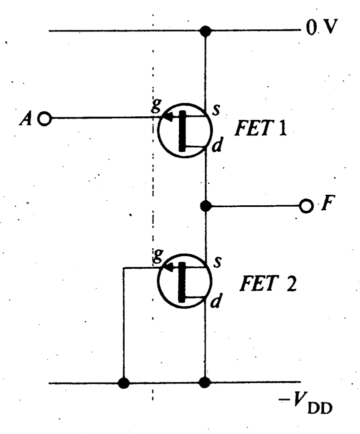


(١) جهد لتوجيه الاتصال فى الترانزستور (V_{REF}) .

شكل ٣ – ١٨ بوابة « أو - نفى أو » (OR/NOR) من نوع ECL

٣ – ١٨ بوابات منطق باستخدام MOS

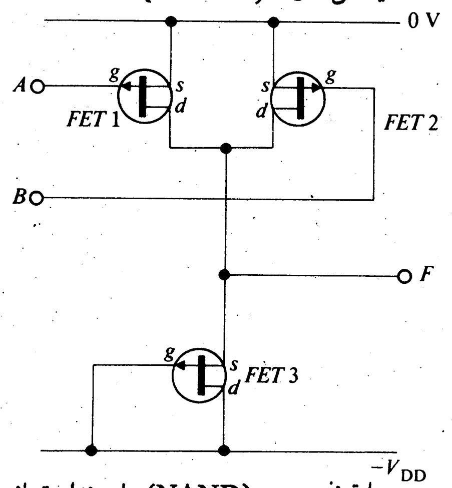
من المزايا الرئيسية لاستخدام ترانزستور MOS هى صغر المساحة التى يحتلها فى الدائرة المتكاملة واستهلاكه لقدر أقل من الطاقة . وقد أدت هذه المزايا إلى زيادة عدد الوحدات الممكن تصنيعها فى نفس المساحة وبالتالى ظهور الدوائر المتكاملة العالية الكثافة (LSI) مثل دوائر الذاكرة للحاسبات الرقمية . ويبين شكل ٣ – ١٩ بوابة نفى (NOT) بسيطة مصنعة باستخدام ترانزستورات من نوع MOS ذات قناة من نوع P . فالترانزستور FET 2 يعمل



شكل ٣ – ١٩ بوابة نفى (NOT) باستخدام ترانزستورات من نوع MOS

كقاومة حمل للترانزستور FET 1 . عندما تكون الإشارة المنطقية عند A فى الحالة المنطقية "0" (جهد سالب للقناة من نوع P) يصبح الترانزستور EFT 1 فى حالة تشبع وتكون إشارة الخرج F فى الحالة المنطقية "1" (0 V) . لكن عندما تكون الإشارة المنطقية عند A فى الحالة المنطقية "1" (0 V). يكون FET 1 فى حالة قطع ويكون الخرج عند F له القيمة المنطقية "0" (جهد الإشارة عند F = V_{DD} —) وبذا يحدث عملية النفى .

يبين شكل ٣-٢٠ بوابة نفى « أو » (NAND) بسيطة تستعمل أيضاً ترانزستورات من نوع MOS ذات قناة من نوع P . إذا كان أى من الإشارتين الداخلتين عند A أو B لها القيمة المنطقية "0" (ذات جهد سالب) يكون الترانزستور المؤثرة عليه هذه الإشارة فى حالة تشبع وبالتالى تكون إشارة الخرج عند F لها القيمة المنطقية "1" . أما فى الحالة التى تكون فيها الإشارتان عند A ، B لهما جهد عال (فى الحالة المنطقية "1") فإن كلا من الترانزستورين FET 1 و FET 2 يكون فى حالة قطع وبالتالى إشارة الخرج عند F"0" (ذات جهد سالب = V_{DD} —) وتتحقق الدالة المنطقية لنفى « و » (NAND) .



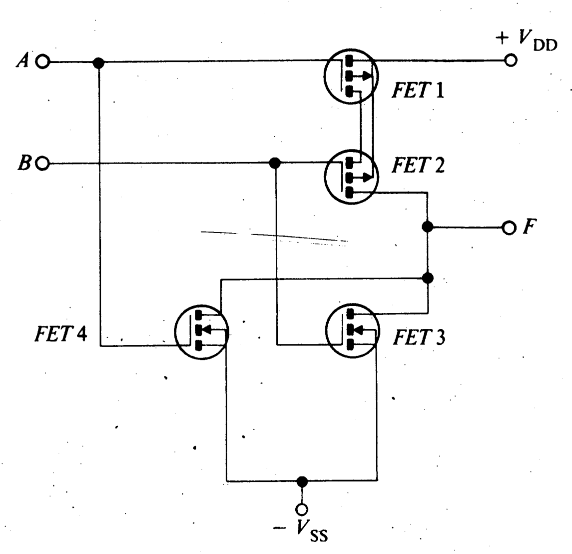
شكل ٣ – ٢٠ بوابة نفى « و » (NAND) باستخدام ترانزستورات MOS .

٣ — ١٩ بوابات منطق باستخدام CMOS

يستخدم فى هذا النوع من البوابات المنطقية نبائط من نوع MOS ذات قناة من نوع P أو من نوع n فى توصيلة متماثلة متتامة (*Complementary*) . ويبين شكل (٣ – ٢١) بوابة نفى « أو » NOR من نوع CMOS التى تستخدم المنطق الموجب (الجهد العالى يمثل الحالة المنطقية "1" والجهد المنخفض يمثل الحالة المنطقية "0") .

عندما تكون كل من الإشارتين الداخلتين على B, A فى الحالة المنطقية "0" (جهد منخفض) يكون كل من FET 3 و FET 4 فى حالة قطع ويكون كل من FET1 وFET2 فى حالة توصيل وتصبح الإشارة على الخرج F ذات جهد عال « القيمة المنطقية "1" (لكن إذا كانت إشارة A "0" وإشارة B "1" يكون FET1 وFET3 فى حالة تشبع ويكون FET2 و FET4 فى حالة قطع وبذلك تصبح إشارة الخرج عند F ذات جهد منخفض (الحالة المنطقية "0") . ويتكرر ذلك عندما تكون إشارة A "1" وإشارة B "0" . أما فى الحالة التى فيها الإشارتان A وB ذات جهد مرتفع (الحالة المنطقية "1") يكون كل من FET1 وFET2 فى حالة قطع ويكون كل من FET3 و FET4 فى حالة تشبع ويكون الخرج F ذا جهد منخفض أى تكون إشارة الخرج "0" .

يلاحظ أن البوابات المنطقية من نوع CMOS تحافظ على مستوى جهد الحالة المنطقية "1" ، "0" فى الخرج ، وذلك لأن الحالة المنطقية "1" تقارب $+V_{DD}$ ، والحالة المنطقية "0" تساوى تقريباً 0 V . لذلك يكون لهذا النوع من البوابات مناعة عالية ضد الضوضاء تصل إلى ٢٠ ٪ من جهد التغذية (V_{DD}) . ويمكن لهذه البوابات أن تعمل بجهود تغذية فى حدود من 3V إلى 15V . كما يمكنها أن تعمل بجهد تغذية يصل إلى 1V أو 1.5 V وتسحب تياراً فى حدود 5μA فى بعض التطبيقات الخاصة مثل ساعات اليد الألكترونية . وفى مثل هذه الحالات يجب العناية بتصميم وتحديد الجهود التى يحدث عنها التحويل من حالة منطقية لحالة الأخرى .



شكل ٣ – ٢١ بوابة نفى « أو » (NOR) من نوع CMOS

تتميز نبائط MOS بممانعة مدخل عالية جداً تصل إلى $10^{12}\Omega$ ومكثف 5PF ويعتمد زمن انتشار الإشارات على عدد البوابات المتصلة بالخرج ويكون فى حدود 20ns إذا كان للبوابة مدخلان ويزيد هذا الزمن بمقدار 5 ns لكل زيادة قيمتها 5PF من مكثف الحمل للدائرة . وفى الحالات التى لا تحتاج لسرعات عالية فإنه يمكن زيادة البوابات التى تحمل على الخرج إلى ما يقرب من 50 .

تجب العناية باتخاذ احتياطات كبيرة عند لمس أو نقل أو تركيب النبائط من نوع CMOS حتى لا يتسبب ذلك فى احتمالات تلفها نتيجة زيادة الجهود الاستاتيكية أو من الأجهزة فى حالة عدم عمل توصيلة أرضية للتخلص من هذه الشحنات . وعادة يتم شحن وتوريد هذه النبائط وأطراف توصيلها مدفونة فى مادة موصلة ويكتب عليها **« اترك الدائرة كما هى حتى يتم توصيلها ولا تستعمل فى تغليفها أية مادة يدخل فى تركيبها البلاستيك أو النايلون »** وذلك لأن البلاستيك والنايلون يتولد عنهما جهد استاتيكى عال . كما أنه يجب الحذر من استخدام الأقمشة العادية لأن معظم الأقمشة المصنعة اليوم تولد جهوداً استاتيكية عالية . يجب ايضاً اتخاذ الاحتياطات اللازمة بعمل توصيلات أرضية للأجهزة . ومن الواضح أن استخدام نبائط CMOS خلق نوعاً جديداً من المشاكل والاحتياطات إلا أن معظمها يمكن التغلب عليه بدون مشقة كبيرة. ومن أنجح الطرق التى تستخدم لحماية نبائط CMOS من الجهود الاستاتيكية والتلف تغطية سطح مائدة العمل بلوح من النحاس وتوصيل هذا السطح النحاسى بالأرضى وعمل توصيلة أرضية لجميع الأجهزة

المستخدمة . كما يمكن أيضاً اتخاذ احتياط إضافى بعمل حلقة نحاسية تلبس حول رسغ الشخص الذى يتعامل مع نبائط CMOS . وتزود معظم دوائر CMOS المنتجة هذه الأيام بمداخل وسيطة لحماية الدوائر من التلف ورغم ذلك فيجب دائماً توصيل أطراف دائرة التغذية والأرضى أولا . كما يجب توصيل المداخل غير المستخدمة إما إلى أطراف إدخال أخرى (مستخدمة) أو توصيلها بخط التغذية بالطاقة على التوالى مع مقاومة 220KΩ (**يجب عدم ترك أى أطراف غير مستعملة أو غير متصلة بأى إشارات**) . هذا ويجب عدم توصيل الإشارات على المداخل إلا بعد توصيل مغذى الطاقة الكهربية .

يلاحظ أننا ذكرنا عيوب نبائط (CMOS) بالتفصيل وذلك لأهمية **تناولها والتعامل معها بعناية** وذلك بسبب خيبة الأمل التى يمكن أن يسببها تلف الدوائر لمستعمليها إذا لم يراعوا الاحتياطات البسيطة .

ويمكن تلخيص المميزات الرئيسية لنبائط CMOS والتى تمثل فى إمكانية زيادة عدد الوحدات الممكن تصنيعها على نفس المساحة . والمدى الواسع لجهد التغذية الممكن استعماله ، بالإضافة إلى ارتفاع مناعتها ضد الضوضاء واستهلاكها الصغير للطاقة . فمن الممكن مثلا تشغيل دوائر CMOS على جهد تغذية 5V وزمن انتشار للإشارة حوالى 35 ns واستهلاك للطاقة 10 nW ومناعة للضوضاء 2V . ونتيجة لهذه المميزات ورخص تكاليف التصنيع استخدمت الدوائر المتكاملة من نوع CMOS فى عدد كبير من التطبيقات سواء منها الرقمية أو التناظرية . رغم ذلك فإن معظم الدوائر والتطبيقات التى سنتناولها بالشرح فى باقى أجزاء الكتاب سنبنيها على دوائر من نوع TTL (ثنائية القطبية) من السلسلة 74 للدوائر المتكاملة ، إلا أن نفس المنطق وأسلوب التفكير والتحليل يمكن تطبيقه على نبائط CMOS والنظم الأخرى أيضاً .

الفصل الرابع

شبكات المنطق

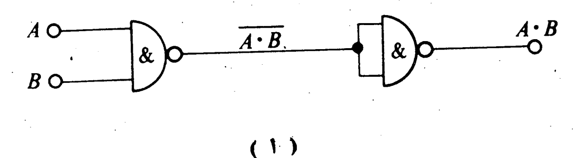
٤ — ١ بوابات من نوع نفى « و » NAND ونفى « أو » NOR

عادة يتم تصميم النظم المنطقية باستخدام نوع واحد من البوابات المنطقية إما بوابات نفى « و » (NAND) أو بوابات نفى « أو » (NOR) . لذلك عند إنتاج الدوائر المنطقية المتكاملة يتم التركيز على تصنيع عدد محدود من أنواع البوابات .

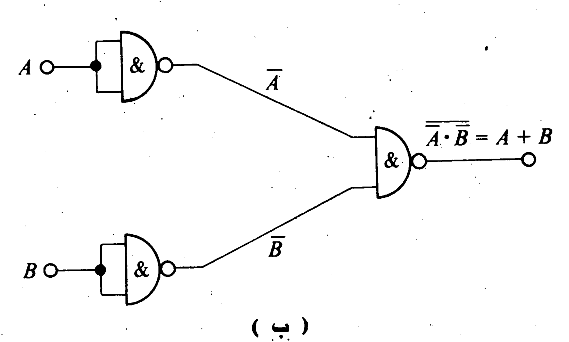
رغم أن أى نظام يمكن تنفيـــذه بنوع واحد من البوابات إلا أنه يجب أن نتذكر دائماً أن الدوال المنطقية الأساسية التى يجب تنفيذها هى « و » (AND) ، « أو » (OR) ودالة النفى (NOT) . ويمكن تنفيذ هذه الدوال جميعها باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط كما هو مبين فى شكل ٤ — ١ (أ) و (ب) .

يمكن أيضاً تنفيذ الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) كما هو مبين فى شكل ٤ — ٢ (أ) و (ب) .

والخطوة التالية لتنفيذ الشبكات المنطقية باستخدام التوصيلات المبينة فى شكلى ٤ — ١ و ٤ — ٢ هى اختيار شكل الشبكة بحيث يمكن تقليل عدد البوابات الزائدة عن الحاجة وهو مايطلق عليه بعملية « التصغير » أو التقليل » .



(أ)

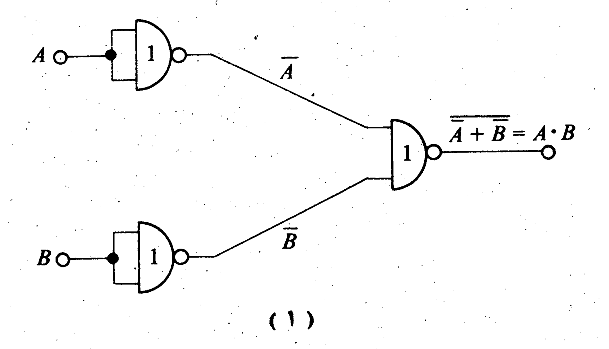


(ب)

شكل ٤ — ١ — الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(أ) دالة « و » (AND) باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(ب) دالة « أو » (OR) باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .



(أ)

(ب)

شكل ٤ – ٢ – الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR)
(أ) دالة « و » (AND) باستخدام بوابة نفى « أو » (NOR) فقط .
(ب) دالة « أو » (OR) باستخدام بوابة نفى « أو » (NOR) فقط .

مثـــال (٤ – ١)

قم بتركيب شبكة منطقية باستخدام بوابات نفى « و» فقط للدالة المنطقية F .

$$F = A . B + C . D$$

لو تم تنفيذ هذه الدالة باستخدام بوابات « و » و « أو » و « نفى »تنتج الشبكة المنطقية المرسومة فى شكل ٤–٣ (أ) .

لو استبدلنا الآن كل بوابة بما يكافئها من شبكة البوابات المرسومة فى شكل ٤ – ١ فإننا نحصـــل على شكل ٤ – ٣ (ب) .

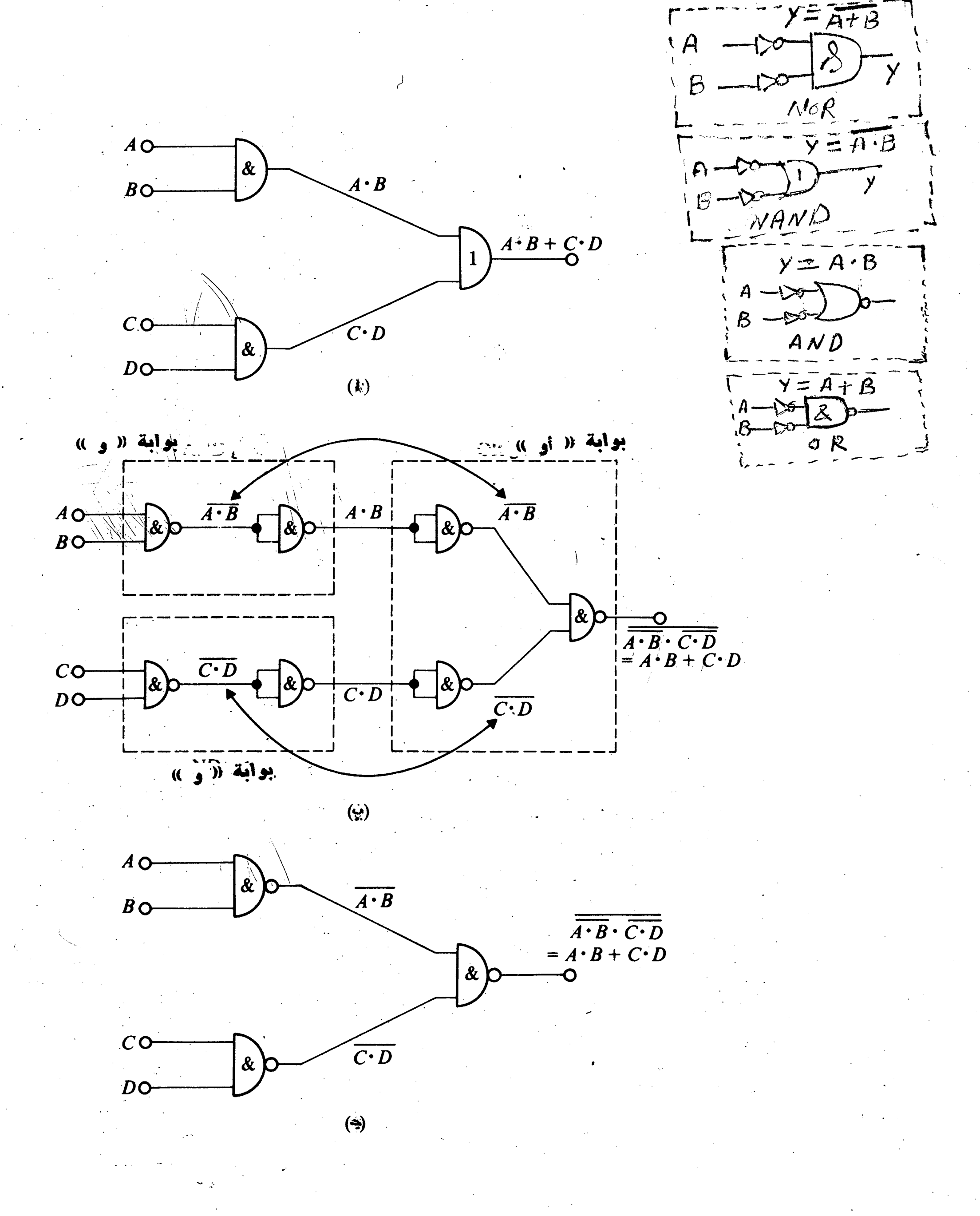
بعد فحص واختبار الشبكة المنطقية المرسومة فى شكل ٤ – ٣ (ب) نتبين وجود عدد من البوابات الزائدة عن الحاجة والتى يمكن الاستغناء عنها كما هو مبين فى شكل ٤ – ٣ (جـ) والتى تستخدم بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

مثـــال ٤ – ٢ :

قم بتركيب الشبكة المنطقية للدالة المنطقية F باستخدام بوابات من نوع نفى « أو » (NOR) فقط .

$$F = (A + B) . (C + D)$$

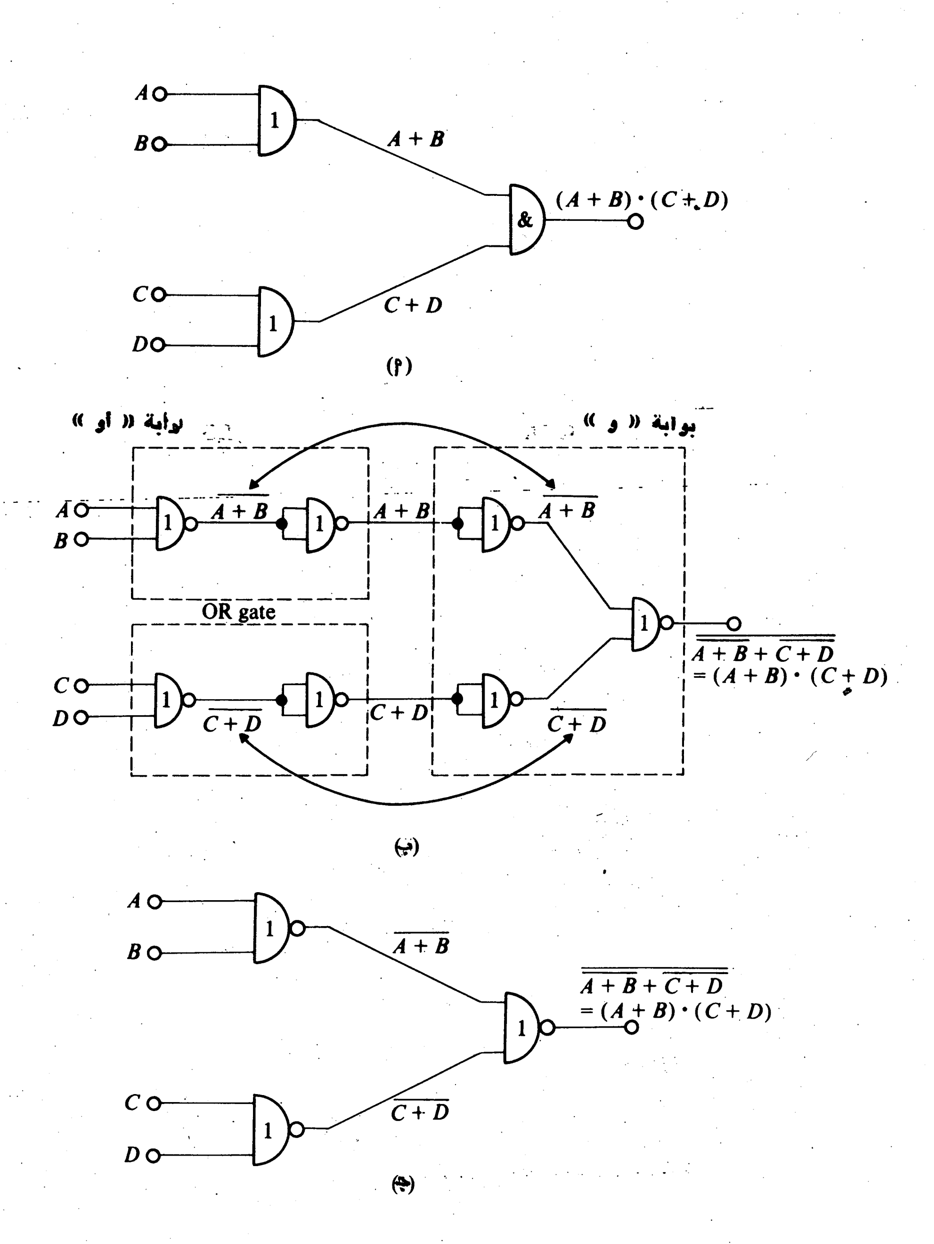
شكل ٤ – ٤ (أ) يمثل الشبكة المنطقية باستخدام بوابات المنطق الأساسية « أو » ، « و » « نفى » .



(٣) بوابة « و » (AND)

شكل ٤ — ٣ — تنفيذ دالة منطقية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) و عمليات التصغير .
(أ) استخدام بوابات المنطق الأساسية . (ب) استخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .
(جـ) الشبكة الناتجة بعد عمليات التصغير باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

شكل ٤ – ٤ تنفيذ دالة منطقية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) وعمليات التصغير .
(أ) استخدام بوابات المنطق الأساسية . (ب) استخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .
(جـ) الشبكة الناتجة بعد عمليات التصغير باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .



ثانياً استبدال بكل بوابة منطقية رئيسية ما يكافئها من بوابات نفى « أو » (NOR) (كما هو مبين فى شكل ٤ – ٢) وتصبح الدائرة المنطقية كما هو مبين فى الشكل ٤ – ٤ (ب) .

فى النهاية اختبر الشبكة المرسومة فى شكل ٤ – ٤ (ب) وتخلص من البوابات الزائدة عن الحاجة تحصل على أصغر عدد من البوابات والتى يمكن أن تنفذ بها الدالة F كما هو مبين فى شكل ٤ – ٤ (جـ) .

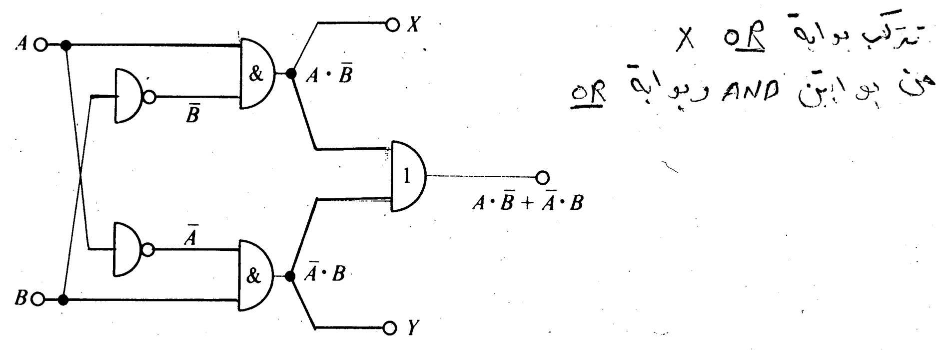
٤ – ٢ بوابات « أو » المنفردة Excltusive-OR

هذا النوع من البوابات المنطقية مفيد جداً فى تصميم النظم المنطقيـــة ويطلق عليها إما إسم بوابات « أو » المنفردة EXCLUSIVE-OR أو بوابات عدم التكافؤ NOT EQUIVALENT . تكون إشارة الخرج "1" عندما تكون إلا شارتان الداخلتان مختلفتين بمعنى أن تكون إحداهما "1" و الأخرى "0" وتعطى خرجاً قيمته "0" عندما تكون إلا شارتان الداخلتان متساويتين بمعنى كون كلتيهما "1" أو "0" . بمعنى آخر فإن هذه البوابة تقوم بمقارنة الإشارتين الداخلتين ولذلك يطلق عليها أحياناً إسم المقارن (COMPARATOR) .

يمكن التعبير عن الدالة المنطقية « أو » المنفردة Exclusivz - OR بالمعادلة البوولية التالية :

$$F = A.\bar{B} + \bar{A}.B$$

ويمكن تنفيذ هذه الدالة بالبوابات الأساسية المبينة فى شكل ٤ – ٥



شكل ٤ – ٥ شبكة تنفذ دالة « أو » المنفردة Exclusive – OR باستخدام بوابات المنطق الأساسية .

فى هذه الشبكة (شكل ٤ – ٥) تكون إشارة الخرج عند X "1" عندما يكون A > B (A أكبر من B) أى أن B = 0, A= 1 وتكون إشارة الخرج عند Y "1" عندما يكون A<B (A أصغر من B) أى أن A = 0 و B = 1

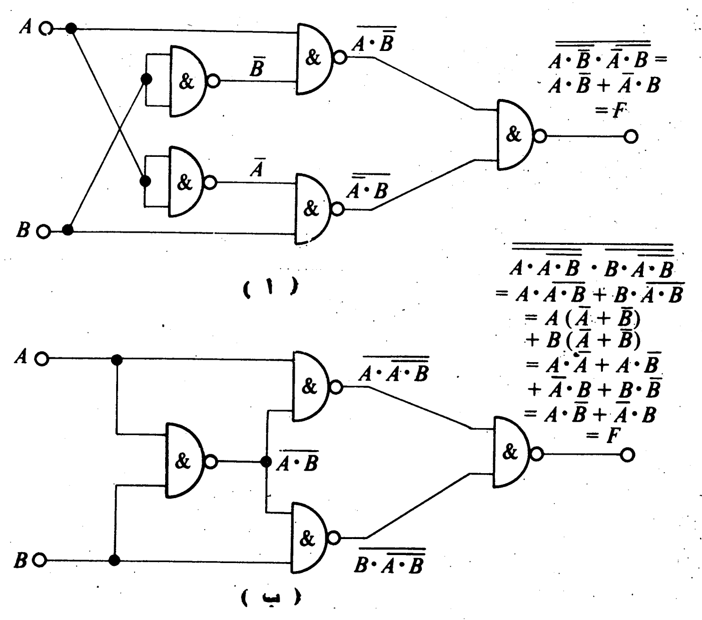
ويمكن أيضاً تنفيذ الدالة المنطقية « أو » المنفردة (Exclusive – OR) باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) أو بوابات نفى « أو » (NOR) كما يبين شكل ٤ – ٦ .

ننصح القارىء باختبار الشبكات المنطقية المرسومة والتحقق من سلامة علاقات الجبر البوولى التى استخدمت بدقة فى كل حالة مما يكسبك أيضاً خبرة فى التعامل مع الجبر البوولى .

تمرين عملى (٤ أ) :

بوابة « أو » المنفردة EXCLUSIVE OR

قم بتوصيل الشبكات المنطقيـــة المبينة فى شكل ٤ – ٦ لتحقيق دالة « أو » المنفردة (Exclusive OR) باستخدام بوابات نفى (و) NAND ذات المدخلين أى : SN 7400, Quad 2 i/p NAND



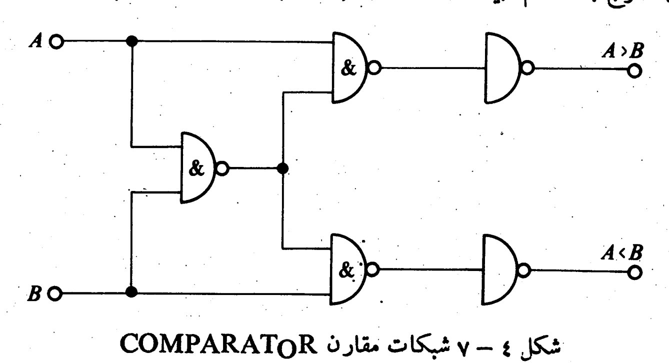
شكل ٤ – ٦ شبكات « أو » المنفردة Exclusive OR باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .
(أ) باستخدام ٥ بوابات نفى « و » . (ب) باستخدام ٤ بوابات نفى « و » .

قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الممكنة على B, A واختبر الحالة المنطقية عند الخرج باستخدام نبيطة ثنائية مشعة للضوء (LED) عند كل تركيبة من تركيبات الإشارات الداخلة على A و B ، ثم استنتج جدول الحقيقة لبوابة « أو » المنفردة .

تمرين عملى (٤ ب) :

مقارن COMPARATOR

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة بشكل ٤ – ٧ والتى تمثل شبكة مقارن (COMPARATOR) استخدم فى تركيب هذه الشبكة الدائرة المتكاملة رقم SN 7400, Quand 2i/p ×3/4 والتى تحتوى على أربع بوابات نفى «و» (NAND) لكل منها مدخلان مع دائرة متكاملة رقم SN7400 × والتى تحتوى على ستة بوابات نفى (NOT) اختبر الحالة المنطقية للخرج باستخدام مبين الحالة المنطقية (LED) لكل توافقيات الإشارات الداخلة .



شكل ٤ – ٧ شبكات مقارن COMPARATOR

٤ — ٣ نظام أمان بسيط لتشغيل ماكينة

تعمل آلة ثقابة (مثقاب) عن طريق محرك كهربى (موتور) . ليدور المحرك F يجب أن يكون مفتاح توصيل الطاقة الكهربية S فى وضع التشغيل « و » (AND) عند توافر بعض احتياطات الأمان الأخرى :

(أ) حاجز الأمان G فى وضع الأمان .

(ب) التيار الذى يسحبه المحرك لايجاوز الحد الأقصى للتيار L .

بالإضافة إلى ذلك هناك متطلبات لتنفيذ عمليات الصيانة وذلك بتشغيل المحرك (الموتور) عندما يكون K فى وضع التشغيل بالرغم من عدم وجود حاجز الأمان G فى مكانه مع توافر باقى الشروط .

لنفرض أن الإشارة المنطقية الممثلة لكل احتياط من احتياطات الأمان تكون فى الحالة المنطقية "1" عندما يكون شرط الأمان متحققاً .

يبين شكل ٤ — ٨ جدول الحقيقة لشروط الأمان السابق شرحها .

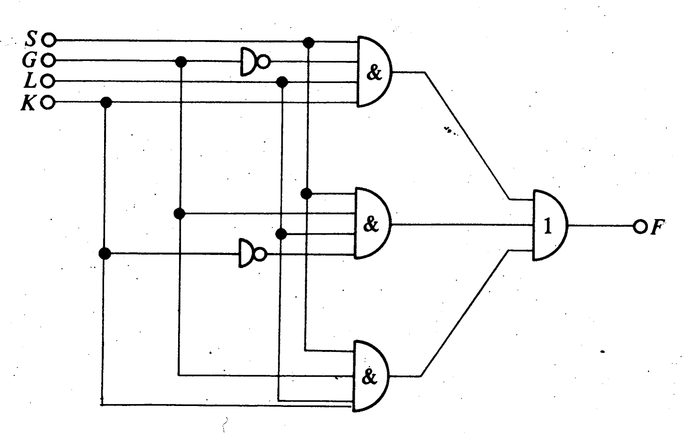
S	G	L	K	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

شكل ٤ — ٨ — جدول الحقيقة لنظام الأمان للتشغيل

بالنظر لجدول الحقيقة المبين فى شكل ٤ — ٨ فإن الدالة F تكون قيمتها "1" فى ثلاث تركيبات مختلفة للإشارات الداخلة ويمكن كتابة المعادلة البوولية التى تعبر عن جدول الحقيقة مباشرة كالتالى :

$$F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L.\bar{K} + S.G.L.K$$

المعادلة البوولية السابقة تعبر عن الدالة المنطقية لنظام الأمان باستخدام العمليات المنطقية الأساسية . ويمكن تنفيذ الدالة المنطقية باستخدام الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٤ – ٩ . ومن الواضح أنها تستخدم عدداً كبيراً من البوابات .



شكل ٤ – ٩ – شبكة نظام الأمان للتشغيل المنطقية باستخدام البوابات الأساسية .

لنفرض الآن وجود بوابات نفى « أو » (NOR) فقط فإننا يمكن أن نطبق طرق الجبر البوولى لتبسيط المعادلة وإعادة كتابتها بصورة مختلفة وذلك حتى يمكننا تنفيذها باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .

$$F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L.\bar{K} + S.G.L.K$$

$$\therefore \quad F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L\,(\bar{K} + K)$$

$$\therefore \quad F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L \qquad (أ)$$

$$\therefore \quad F = S.L.\,(\bar{G}.K + G)$$

$$\therefore \quad F = S.L.\,(K + G)$$

$G.G = G$

$\bar{G}.K = \bar{G}K$

$\bar{G}.G = 0$

$G + \bar{G} = 1$

حيث :

(ب)

$$(\bar{G}.K. + G) = (\bar{G} + G).\,(K + G) = (K + G)$$

ويمكن كتابة المعادلة البوولية الأخيرة كالتالى :

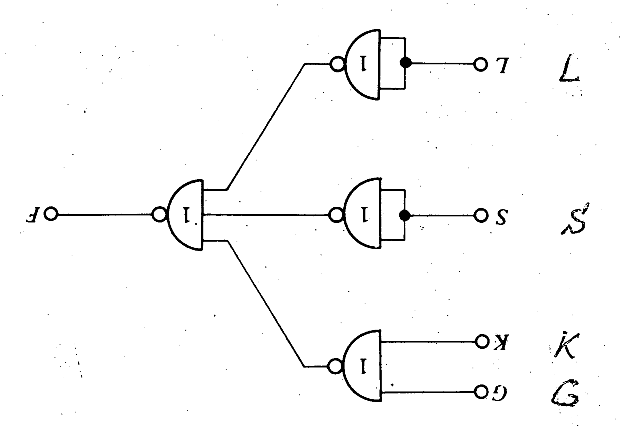
$$\bar{F} = \overline{S.L.\,(K+G)}$$

$$\bar{F} = \bar{S} + \bar{L} + \overline{K+G}$$

ثم بنفى طرفى المعادلة

$$F = \overline{\bar{S} + \bar{L} + \overline{K+G}}$$

ويمكن تنفيذ هذه المعادلة مباشرة باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) كما هو مبين فى شكل ٤ – ١٠ .



شكل ٤ — ١٠ نظام الأمان للتشغيل باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط

إذا كانت البوابات الوحيدة المتوافرة هى بوابات نفى « و » (NAND) فيمكننا تبسيط المعادلة السابقة كما يلى :

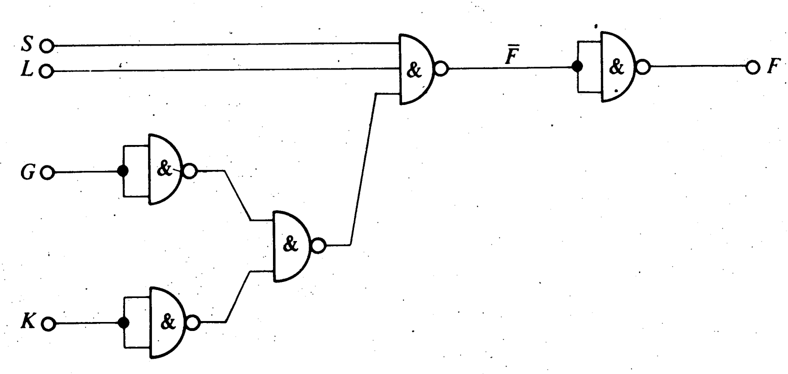
$$\dot{F} = S.L.(K+G)$$

$$\therefore \quad F = S.L.\overline{\overline{K}.\overline{G}}.$$

$$\therefore \quad \bar{F} = \overline{S.L.\overline{\overline{K}.\overline{G}}}.$$

يمكن الآن تنفيذ الجانب الأيمن من المعادلة باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط ولكن ذلك سوف يحقق الدالة F (نفى الدالة الأصلية F) ولذلك يجب إضافة بوابة نفى (بوابة عكس) للحصول على الدالة الأصلية F كما هو مبين فى شكل ٤ — ١١ .

ملحوظة : إن الطرق المختلفة لحصول على أصغر عدد من البوابات اللازمة لتنفيذ دالة منطقية محددة باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) أو نفى « أو » (NOR) عن طريق الجبر البوولى تكون أحياناً طويلة وغامضة كما أنها تتطلب فهماً عميقاً ومعرفة واسعة بقوانين الجبر البوولى . وسنقوم فى الفصل الخامس بتقديم طريقة بسيطة و كثيرة الاستخدام لتبسيط معادلات الدوال المنطقية ولكنها تتطلب تفهماً تاماً للمبادىء الأساسية .



شكل ٤ — ١١ — نظام الأمان للتشغيل باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط

تمرين عملى (٤ ج) :

نظام الأمان للتشغيل

قم بتوصيل الشبكة المنطقيةالمرسومة فى شكل ٤ — ١٠ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7402 والتى تحتوى على أربع بوابات نفى « أو » (NOR) . ثم قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الداخلة الممكنة وتحقق من صحة جدول الحقيقة المبين فى شكل ٤ — ٨ .

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المرسومة فى شكل ٤ — ١١ باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7400 والتى تحتوى على أربع بوابات منطقية من نوع نفى « و » (NAND) والدائرة المتكاملة رقم SN 7420 والتى تحتوى على بوابتين من نوع نفى « و » (NAND) لكل منهما أربعة مداخل .

قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الممكنة على الشبكة واختبر صحة جدول الحقيقة المبين فى شكل ٤ — ٨ .

الفصل الخامس

خرائط كارنوف

٥ — ١ مقدمة

يمكن تمثيل جداول الحقيقة باستخدام خرائط كارنوف والتى ترسم على هيئة مستطيل مقسم إلى خلايا بحيث يكون :

العدد الكلى للخلايا فى الخريطة = $2N$

عدد المتغيرات المنطقية = N

يمثل كل متغير منطقى فى خريطة كارنوف بنصف المساحة الكلية ويمثل متمم المتغير بالنصف الآخر .

يبين شكل ٥ — ١ (أ) ، (ب) ، (جـ) خرائط كارنوف فى حالة متغير منطقى واحد ومتغيرين وثلاثة متغيرات ومكتوب داخل كل خلية تعبير بوولى يمثل القيمة المنطقية للخلية .

$\bar{A}$	$\bar{A}$
A	A

(أ)

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	$\bar{A}.\bar{B}$	$\bar{A}.B$
A	$A.\bar{B}$	$A.B$

(ب)

	$\bar{B}$	$\bar{B}$	B	B
$\bar{A}$	$\bar{A}.\bar{B}.\bar{C}$	$\bar{A}.\bar{B}.C$	$\bar{A}.B.C$	$\bar{A}.B.\bar{C}$
A	$A.\bar{B}.\bar{C}$	$A.\bar{B}.C$	$A.B.C$	$A.B.\bar{C}$
	$\bar{C}$	C	C	$\bar{C}$

(جـ)

شكل ٥ — ١ — خرائط كارنوف لمتغير واحد ومتغيرين وثلاثة متغيرات

(أ) متغير واحد (عدد الخلايا = $2^1 = 2$) (ب) متغيران إثنان (عدد الخلايا = $2^2 = 4$)

(جـ) ثلاثة متغيرات (عدد الخلايا = $2^3 = 8$)

يبين شكل ٥ – ٢ (أ) خريطة كارنوف لأربعة متغيرات ومكتوب داخل كل خلية فى الخريطة التعبير البوولى المكافىء .

يمكن استنتاج خريطة أخرى يطلق عليها **خريطة فيتش** باستبدال كل من المتغيرات A ، B ، C ، D بالحالة المنطقية "1" وكل من المتممات $\bar{A}$ ، $\bar{B}$ ، $\bar{C}$ ، $\bar{D}$ بالحالة المنطقية "0" فى خريطة كانوف كما هو مبين فى شكل ٥ – ٢ (ب) . إلا أنه لتفادى أى بلبلة يطلق عادة على كلتا الخريطتين خريطة كارنوف .

	$\bar{C}$	$\bar{C}$	C	C	
$\bar{A}$	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$	$\bar{A}\bar{B}CD$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{B}$
$\bar{A}$	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}D$	$\bar{A}BCD$	$\bar{A}BC\bar{D}$	B
A	$AB\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$ABCD$	$ABC\bar{D}$	B
A	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}D$	$A\bar{B}CD$	$A\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{B}$
	$\bar{D}$	D	D	$\bar{D}$	

(أ)

AB \ CD	00	01	11	10
00	0000	0001	0011	0010
01	0100	0101	0111	0110
11	1100	1101	1111	1110
10	1000	1001	1011	1010

(ب)

شكل ٥ – ٢ خريطة كارنوف وخريطة فيتش لأربعة متغيرات
(أ) خريطة كارنوف (ب) خريطة فيتش

من الواضح أن شكل ٥–٢ (ب) تم استنتاجه بنفس الطريقة التى رسم بها شكل ٥ – ٢ (أ) ولكن باستخدام الحالات المنطقية « 1 » ، «0 » بدلا من المتغير ومتممه ، وبذلك تم استنتاج شكل ٥ – ٢ (ب) والذى يشبه مصفوفة من الأرقام ذات الأساس الثنائى . ويجب على القارىء التأكد من أن الخريطتين المبينتين فى شكل ٥ – ٢ هما طريقان مختلفان لتمثيل جدول حقيقة واحد .

إذا أهملنا القيمة الرقية للوحدات الثنائية المبينة فى شكل ٥ – ٢ (ب) فإننا نلاحظ أن كل خليتين متجاورتين **فى خريطة كارنوف يختلفان عن بعضهما البعض فى موقع ثنائى واحد** وهكذا ينطبق على كل الخلايا بمعنى أن خلايا الصف العلوى والصف السفلى تعتبر متجاورة كما تعتبر خلايا العمود الأيمن والأيسر متجاورة . دقق فى الشكل للتأكد من ذلك قبل متابعة القراءة .

٥ ـــ ٢ اسقاط الدوال

يعتبر الإسقاط طريقة بيانية لتمثيل المعادلات المنطقية وكثيراً ماتستخدم هذه الطريقة لإثبات النظريات البوولية وتصميم الشبكات المنطقية والمساعدة فى تقليل عدد البوابات المستخدمة فى بعض الشبكات .

٥ ـــ ٣ ضـــم الخلايا

هذه طريقة من أهم الطرق المستخدمة فى عمليات تقليل عدد البوابات المنطقية وأفضل طريقة لشرحها هو المثال التالى :

مثـــال (٥ – ١) :

لنفترض أنه يمكن وصف دالة منطقية معينة بالمعادلة البوولية التالية :

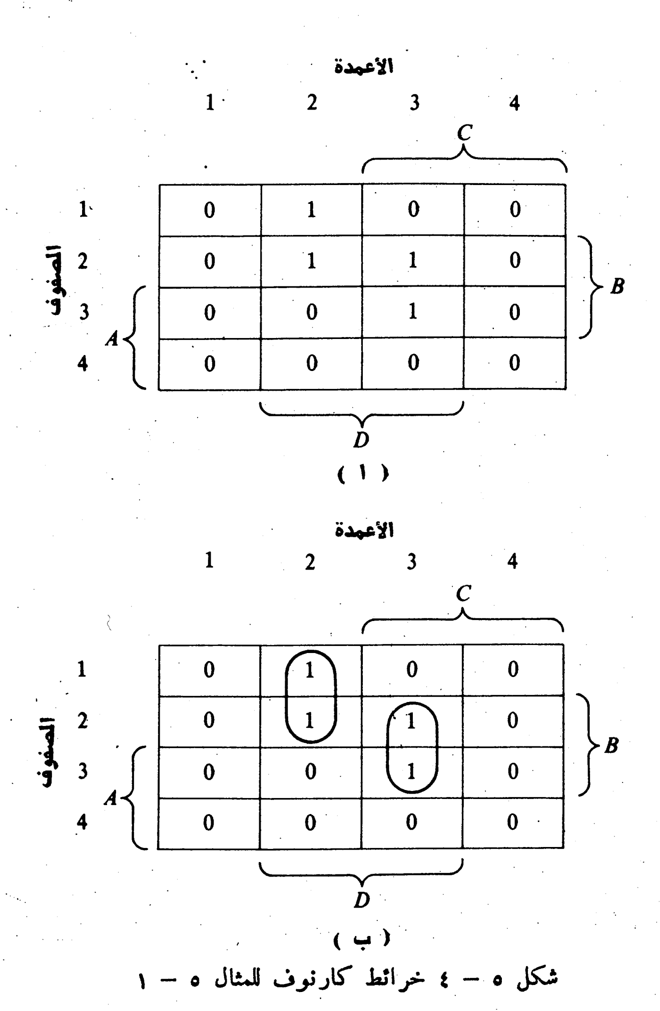
$$F = A.B.C.D + \bar{A}.B.C.D + \bar{A}.B.\bar{C}.D + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.D$$

يبين شكل ٥ – ٣ جدول الحقيقة الممثل للمعادلة السابقة وتكون القيمة المنطقية للدالة F ''1'' عند ما تتحقق الشروط بالنسبة لكل حد من حدود المعادلة وتأخذ F القيمة المنطقية ''0'' لباقى الشروط .

يمكن رسم خريطة كارنوف إما مباشرة من المعادلة البوولية أو من جدول الحقيقة . إلا أننا يجب أن نلاحظ الآن أن القيمة ''1'' تكتب فى كل خلية تصف حداً من حدود المعادلة و ''O'' فى باقى الخلايا كما هو مبين فى شكل ٥ – ٤ (أ) .

A	B	C	D	F	
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	1	→ $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D=1$ (4
0	0	1	0	0	
0	0	1	1	0	
0	1	0	0	0	
0	1	0	1	1	→ $\bar{A}B\bar{C}D=1$ (3
0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1	→ $\bar{A}BCD=1$ (2
1	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	
1	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	0	
1	1	0	1	0	
1	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	→ $ABCD=1$ (1

شكل ٥ – ٣ جدول الحقيقة للمثال ٥ – ١



شكل ٥ – ٤ خرائط كارنوف للمثال ٥ – ١

لننظر الآن إلى الخليتين المتجاورتين فى الصفين ١ ، ٢ والعمود رقم ٢ . هاتان الخليتان تمثلان الحدين $\bar{A} . \bar{B} . \bar{C} . D$ و $\bar{A} . B . \bar{C} . D$ فى المعادلة البوولية السابقة ويمكن اختصـــارهما باستخدام الجبر البوولى كالتالى :

$$\bar{A}.B.\bar{C}.D+\bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.D=\bar{A}.\bar{C}.D.(B+\bar{B})$$
$$=\bar{A}.\bar{C}.D$$

بالمثل بالنظر إلى الخليتين المتجاورتين فى الصفين ٢ ، ٣ والعمود الثالث واللتين تمثلان الحدين A . B . C . D و $\bar{A}$ ، B ، C ، D نجد أنه يمكن اختصارهما كما يلى :

$$A.B.C.D+\bar{A}.B.C.D=B.C.D.(A+\bar{A})$$
$$=B.C.D$$

لذلك يمكن إعادة كتابة المعادلة المنطقية F كالتالى :

$$F = \bar{A}.\bar{C}.D + B.C.D$$

بالنظر مرة أخرى إلى خريطة كارنوف المبينة فى شكل ٥ — ٤ (أ) فإن الخلايا المتجاورة التى يمكن أن تؤدى إلى تبسيط المعادلة البوولية يرسم حولها حلقة ، كما هو مبين فى شكل ٥ — ٤ (ب) .

ملحوظة : يمكن أن ترسم حلقة حول ٤ خلايا أو ٨ خلايا . . . . الخ . وعادة نحاول أن نرسم حلقة حول أكبر عدد ممكن من الخلايا المتجاورة كما يمكن أيضاً أن تتداخل هذه الحلقات .

عندما يتم رسم حلقة حول **خليتين** من خلايا خريطة كارنوف فإن **الحدين** المكافئين لهاتين الخليتين يمكن **ضمهما فى حد واحد بحيث يختفى المتغير الذى له قيمتان مختلفتان** فى الخليتين .

عندما يتم رسم حلقة حول **أربع** خلايا متجاورة فإن الحدود **الأربعة** التى تمثلها الخلايا الأربع يمكن **ضمها فى حد واحد بحيث يختفى المتغيران اللذان لها قيمتان مختلفتان** فى الخلايا الأربع من هذا الحد .

عندما يتم رسم حلقة حول **ثمانى** خلايا متجاورة فإن الحدود **الثمانية** التى تمثلها الخلايا الثمانى يمكن **ضمهما فى حد واحد بحيث يختفى من هذا الحد المتغيرات الثلاثة التى لها قيم مختلفة** فى الخلايا الثمانى من هذا الحد .

بذلك يتضح لنا بعد دراسة مثال ٥ — ١ أنه يمكن كتابة المعادلة المبسطة للدالة المنطقية F مباشرة باستخدام الحلقتين المبينتين بشكل ٥ — ٤ (ب) كما يلى :

$$F = \bar{A}.\bar{C}.D + B.C.D.$$

مثـــال (٥ — ٢) :

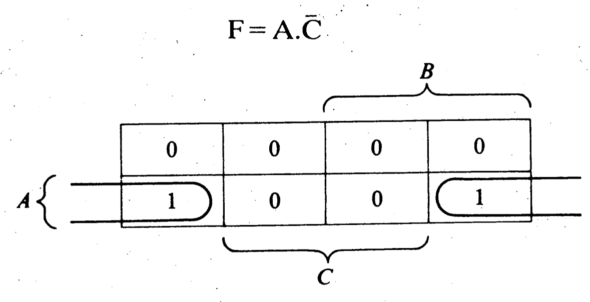
ارسم خريطة كارنوف للمعادلة البوولية التالية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C} + A.B.\bar{C}$$

ثم استخدم طريقة الحلقات لتبسيط الدالة المنطقية .

شكل ٥ — ٥ يبين خريطة كارنوف ومنها تم رسم حلقة واحدة كما هو مبين وبذلك يمكن إعادة كتابة المعادلة كالتالى :

$$F = A.\bar{C}$$



شكل ٥ — ٥ خريطة كارنوف للمثال ٥ — ٢

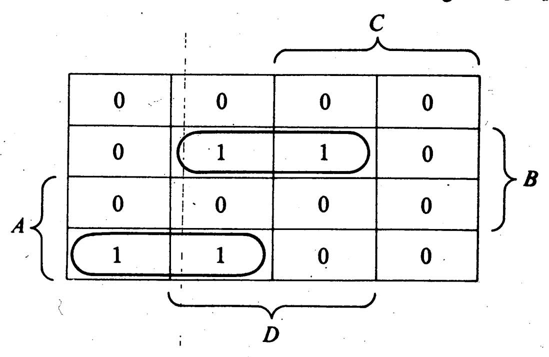
مثـال (٥ – ٣) :

ارسم خريطة كارنوف للدالة المنطقية F المعبر عنها بالمعادلة البوولية التالية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C}.D + A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.B.C.D + \bar{A}.B.\bar{C}.D$$

استخدم طريقة الحلقات لتبسيط هذه الدالة .

خريطة كارنوف مبينة فى الشكل ٥ – ٦ .



شكل ٥ – ٦ خريطة كارنوف للمثال ٥ – ٣

ومن الحلقتين المبينتين فى الشكل :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C} + \bar{A}.B.D.$$

مثـال (٥ – ٤) :

ارسم خريطة كارنوف للدالة المنطقية F المعبر عنها بالمعادلة البوولية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + A.\bar{B}.C.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.C.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D}.$$

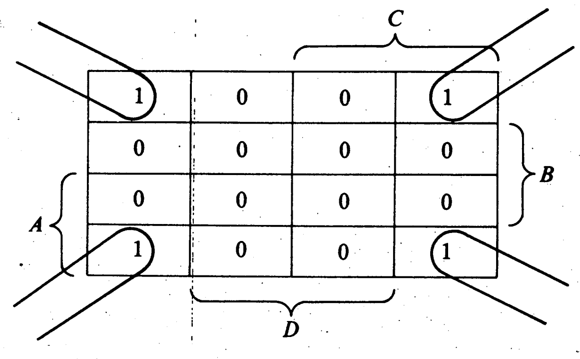
استخدم طريقة الحلقات لتبسيط هذه الدالة .

شكل ٥ – ٧ يبين خريطة كارنوف .

$F = \bar{A}\bar{B}\bar{D} + A\bar{B}\bar{D}$

$F = \bar{B}\bar{D}(A + \bar{A})$

$F = \bar{B}\bar{D}$



شكل ٥ – ٧ – خريطة كارنوف للمثال ٥ – ٤

ومن الحلقة المبينة :

$$F = \bar{B}.\bar{D}.$$

تمارين :

ارسم خرائط كارنوف للدوال التي يمكن وصفها بالمعادلات البوولية التالية ثم استخدم طريقة الحلقات لتبسيط هذه الدوال :

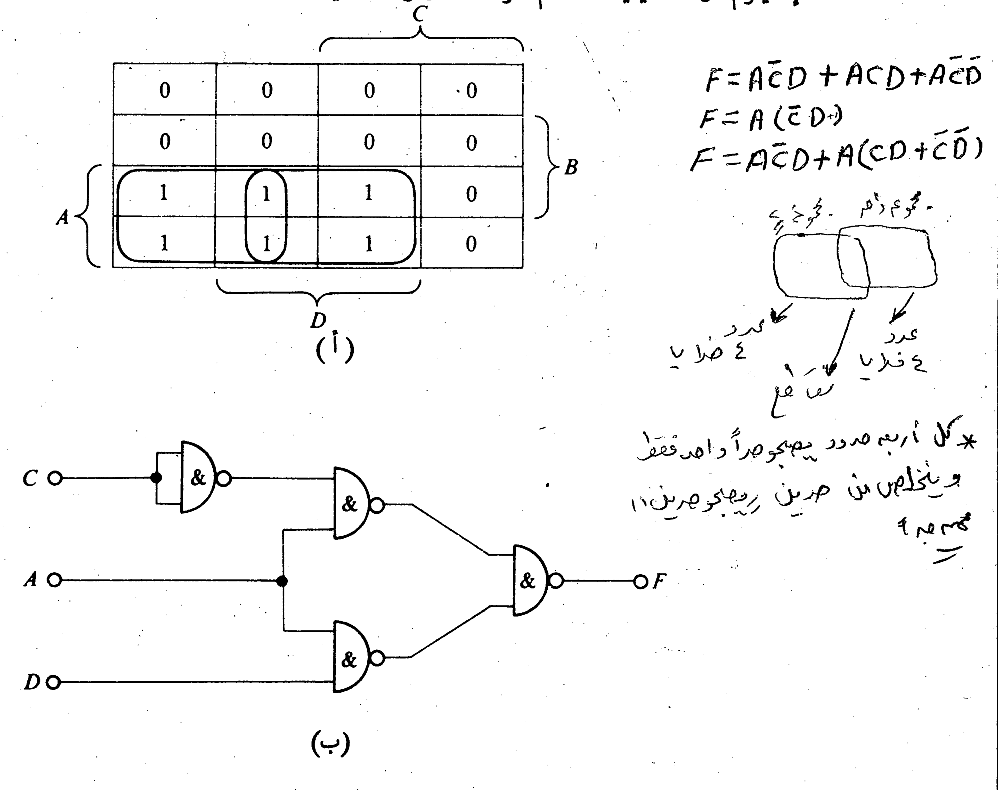
١ — $F = A.\bar{B}.C.D + A.B.C.D + A.\bar{B}.\bar{C}.D + A.B.\bar{C}.D.$

٢ — $F = A.B.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.B.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.B.C.\bar{D} + A.B.C.\bar{D}.$

٣ — $F = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.D + A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + A.\bar{B}.\bar{C}.D$

٤ — $F = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.C.\bar{D}$

حتى الآن فإن خرائط كارنوف تكافىء جداول الحقيقة وتصف الدوال المنطقية باستخدام عمليات « و » و « أو » والنفي المنطقية . ولما كان معظم النظم العلمية يستخدم بوابات نفي « و » (NAND) وبوابات نفي « أو » (NOR) فقط فإنه يلزم دراسة كيفية استخدام خرائط كارنوف لتنفيذ ذلك .



شكل ٥ — ٨ — خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ — ٥

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط .

مثـــال (٥ – ٥) :

لنفترض أن خريطة كارنوف المبينة فى شكل ٥ – ٨ (أ) تمثل الدالة المنطقية F .

والمطلوب هو تحديد الشبكة المنطقية المركبة من بوابات نفى « و » (NAND) فقط والتى تنفذ الدالة F .

من الحلقتين المرسومتين يمكن كتابة الدالة المنطقية كالتالى :

$$F = A.D + A.\bar{C}$$

تصف هذه المعادلة الدالة المنطقية باستخدام عمليات « و » (AND) و « أو » (OR) والنفى (NOT) ويمكن كتابة المعادلة مرة ثانية باستخدام طرق المعاملة البوولية الجبرية كما يلى :

$$\bar{F} = \overline{A.D + A.\bar{C}}$$

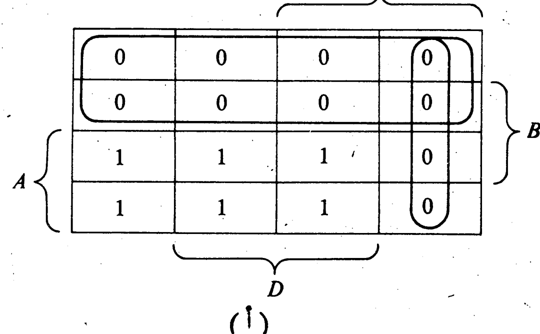
$$= \overline{A.D} . \overline{A.\bar{C}}$$

$$\therefore \quad F = \overline{\overline{A.D} . \overline{A.\bar{C}}}$$

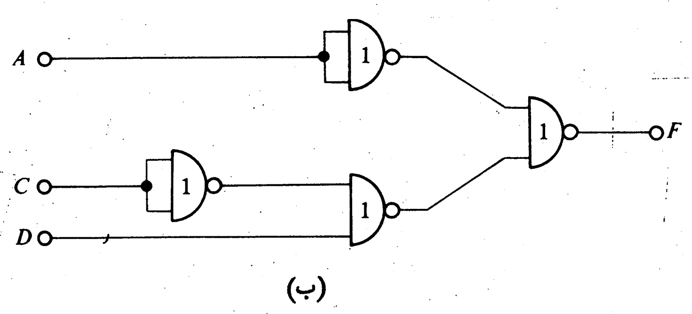
من الواضح أن المعادلة الأخيرة يمكن تنفيذها مباشرة باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) كما هو مبين فى شكل ٥ – ٨ (ب) .

مثـــال (٥ – ٦) :

فى هذا المثال ندرس الدالة المنطقية المستخدمة فى مثال ٥ – ٥ وقد تم إعادة رسم خريطة كارنوف لهذه الدالة فى شكل ٥ – ٩ (أ) .



(أ)



(ب)

شكل ٥ – ٩ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ – ٦

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .

افترض أن المطلوب هو تصميم شبكة منطقية لتحقيق هذه الدالة باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .

يكون أكثر ملاءمة ، استنباط العلاقة البوولية التى تصف الدالة F برسم حلقات حول الخلايا التى تحتوى على "0" عندما نريد شبكة منطقية من بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .

وعلى ذلك فباستخدام الحلقتين المرسومتين فى شكل ٥ — ٩ (أ) يمكن كتابة متمم الدالة F كالتالى :

$$\bar{F} = \bar{A} + C.\bar{D}$$

وهذه المعادلة يمكن تنفيذها ببوابات « و » (AND) ، « أو » (OR) والنفى (NOT) .

ويمكن إعادة كتابة المعادلة البوولية السابقة كالتالى :

$$\bar{F} = \bar{A} + \overline{\bar{C} + D}$$

وبإيجاد الدالة الأصلية F :

$$\therefore F = \overline{\bar{A} + \overline{\bar{C} + D}}$$

وهذه المعادلة تحتوى على حدود يمكن تنفيذها مباشرة باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) كما هو مبين فى شكل ٥ — ٩ (ب) .

يحدث أحياناً فى التطبيقات العملية أن خلية (أو مجموعة من الخلايا) يمكن أن تحتوى على "0" أو "1" وفى هذه الخلايا نكتب بدلا من "0" أو "1" « الرمز » * .

X		Y		F
A	B	C	D	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

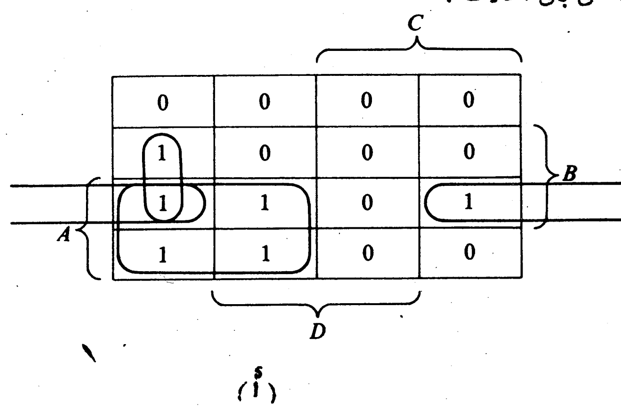
شكل ٥ — ١٠ جدول الحقيقة للمثال ٥ — ٧

ويمكن عند رسم الحلقات فى خريطة كارنوف إدخال أو استبعاد الخلايا التى تحتوى على * لاستكمال الحلقات .

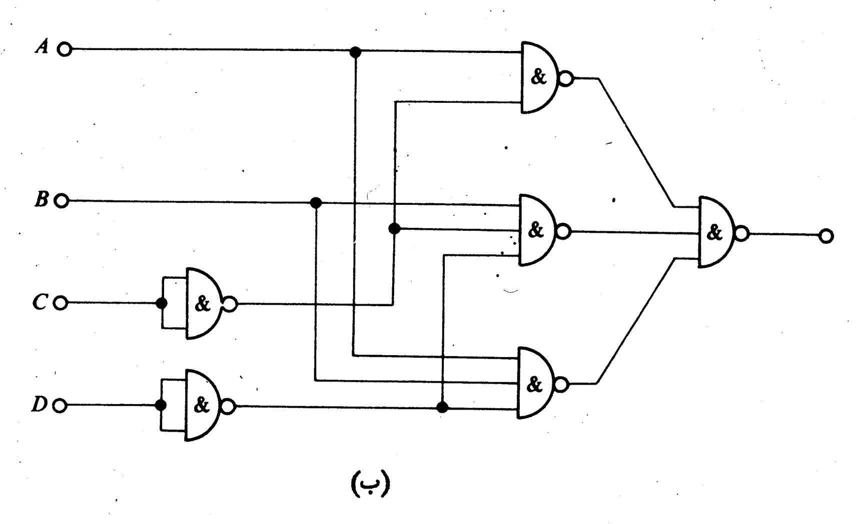
مثـال (٥ — ٧) :

سندرس فى هذا المثال نظاماً منطقياً له أربع إشارات داخلة يرمز لها بالرموز D, C, B, A لنفترض أن الإشارات المنطقية A و B تمثل العدد الثنائى X حيث تمثل الإشارة A الرقم الأعلى قيمة فى العدد X . وبالمثل نفترض أن الإشارات C و D تمثل العدد الثنائى Y حيث تمثل الإشارة C الرقم الأعلى قيمة فى العدد Y .

تكون القيمة المنطقية لمخرج F لهذا النظام فى الحالة المنطقية "1" عندما يكون العدد الثنائى X أكبر من العدد الثنائى Y وتكون "0" فى باقى الحالات .



(أ)



(ب)

شكل ٥ — ١١ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ — ٧

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(أ) ارسم خريطة كارنوف لهذا النظام المنطقى الذى تم تعريفه واستخدم طريقة الحلقات لتحديد المعادلة البوولية المبسطة لتنفيذ الدالة F .

(ب) ارسم الشبكة المنطقية الممثلة للمعادلة باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(أ) ننصح القارىء فى مثل هذه الحالات بأن يبدأ بكتابة جدول الحقيقة الذى يمثل هذه الدالة F كما هو مبين فى شكل ٥ — ١١ (أ) .

يمكن الآن رسم خريطة كارنوف بسهولة من جدول الحقيقة كما هو مبين فى شكل ٥ — ١١ (أ) .

بما أن المطلوب هو استخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط . فإن الخلايا التى يجب اعتبارها هى الخلايا التى تحتوى على "1" .

من الحلقات الثلاث المرسومة فى خريطة كارنوف يمكننا كتابة المعادلة البوولية .

$$F = A.\bar{C} + B.\bar{C}.\bar{D} + A.B.\bar{D}$$

(ب) المعادلة السابقة تصف الدالة F باستخدام العمليات الأساسية « و » (AND) و « أو » (OR) والنفى (NOT) ولإيجاد المعادلة التى تصف F باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) نستخدم العمليات الجبرية البوولية الآتية :

$$\bar{F} = \overline{A.\bar{C} + B.\bar{C}.\bar{D} + A.B.\bar{D}}$$
$$= \overline{A.\bar{C}} \;.\; \overline{B.\bar{C}.\bar{D}} \;.\; \overline{A.B.\bar{D}}$$

X		Y		F
A	B	C	D	
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

شكل ٥ — ١٢ جدول الحقيقة للمثال ٥ — ٨

أخيراً نحسب متمم طرفى المعادلة كالتالى :

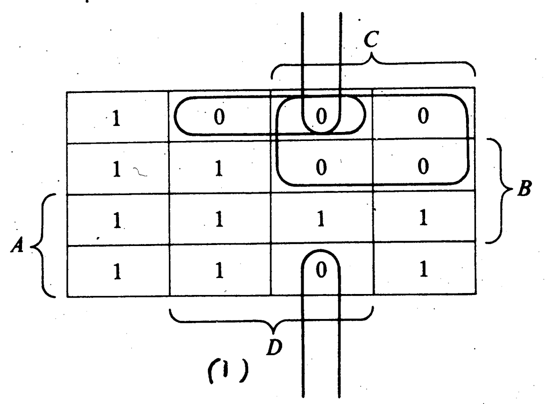
$$F=\overline{\overline{A.\bar{C}}\;.\;\overline{B.\bar{C}.\bar{D}}\;.\;\overline{A.B.\bar{D}}}$$

ويتم رسم الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) كما فى شكل ٥ – ١١ (ب)

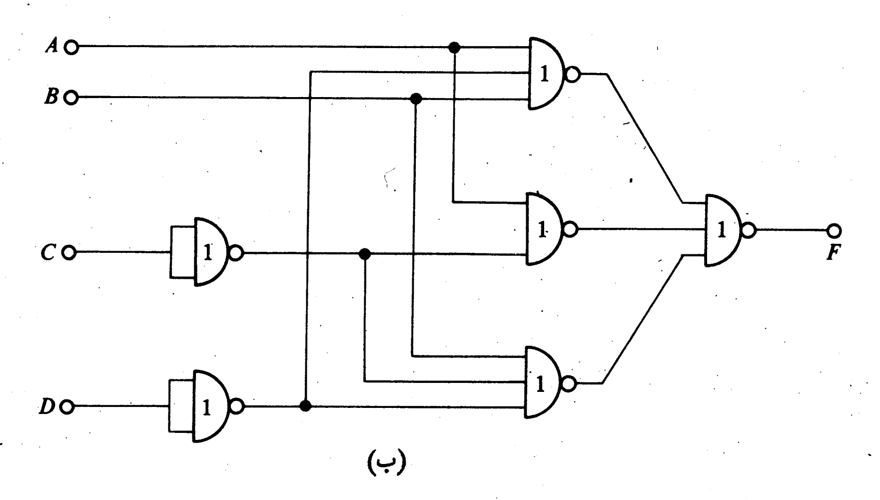
مثـــال (٥ – ٨) :

يدرس هذا المثال نظاماً منطقياً شبيهاً بالنظام المنطق المعرف فى المثال السابق (٥ – ٧) ولكن تكون القيمة المنطقية للدالة F "1" عندما يكون العدد الثنائى X أكبر من أو يساوى العدد الثنائى Y وتكون قيمة F "0" فى باقى الحالات .

أوجد المعادلة المنطقية البوولية للدالة F والشبكة المنطقية التى تحققها باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .



(أ)



(ب)

شكل ٥ – ١٣ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ – ٨

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .

يبين شكل ٥ – ١٢ جدول الحقيقة للدالة F ومنه يمكن رسم خريطة كارنوف كما فى الشكل ٥ – ١٣ (أ) .

ولما كان المطلوب هو تنفيذ الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط فإننا نرسم الحلقات التى تحيط بالحالة المنطقية "0" وبذلك يمكننا استنتاج المعادلة :

$$\bar{F} = \bar{A}.\bar{B}.D + \bar{A}.C + \bar{B}.C.D$$

$$\therefore \quad F = \overline{\bar{A}.\bar{B}.D + \bar{A}.C + \bar{B}.C.D}$$

ويمكن الآن تحويل هذه المعادلة لصورة مناسبة لتحقيقها باستخدام بوابات نفى « أو » كما يلى :

$$F = \overline{\overline{\overline{A+B+\bar{D}}+\overline{A+\bar{C}}+\overline{B+\bar{C}+\bar{D}}}}$$

يبين شكل ٥ – ١٣ (ب) الشبكة المنطقية للمعادلة الأخيرة .

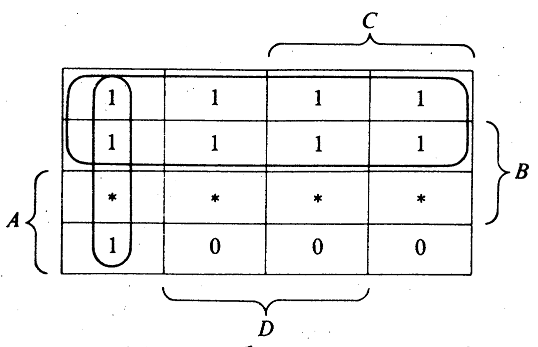
مثـــال (٥ – ٩) :

تمثل الإشارات الأربع الداخلة لنظام منطقى A و B و D و C عدداً ذا أربع وحدات ثنائية وتمثل A الرقم الثنائى الأعلى قيمة . والمطلوب تصميم شبكة منطقية تنفذ الدالة F بحيث تكون الدالة F فى الحالة المنطقية "1" عندما يكون العدد الداخل للنظام أصغر من ثمانية وتكون الدالة F فى أى من الحالتين المنطقتين "1" أو "0" عندما يكون العدد الداخل للنظام أكبر من أحد عشر .

أوجد المعادلة البوولية المبسطة التى تصف هذا النظام باستخدام خريطة كارنوف .

A	*B*	*C*	*D*	*F*
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	*
1	1	0	1	*
1	1	1	0	*
1	1	1	1	*

شكل ٥ – ١٤ – جدول الحقيقة للمثال ٥ – ٩



شكل ٥ — ١٥ — خريطة كارنوف للمثال ٥ — ٩

يمكن كتابة جدول الحقيقة للدالة F ورسم خريطة كارنوف لها كما هو مبين فى شكل (٥ — ١٤) و (٥ — ١٥).

باستخدام الحلقتين المرسومتين فى خريطة كارنوف ، يمكننا استنتاج المعادلة : —

$$F = \bar{A} + \bar{C}.\bar{D}$$

ويمكن للقارىء الآن استخدام الطرق المشروحة سابقاً للحصول على شبكة منطقية تستخدم بوابات نفى « و » (NAND) فقط وشبكة أخرى تستخدم بوابات نفى « أو » (NOR) للنظام فى المثال ٥ — ٩ .

ملحوظة : يجب أن نؤكد أنه كان من الممكن استنتاج خرائط كارنوف مباشرة فى الأمثلة من ٥ — ٧ إلى ٥ — ٩ من الوصف المنطقى للنظام ولكننا كتبنا جداول الحقيقة لتسهيل هذه العملية .

الفصل السادس

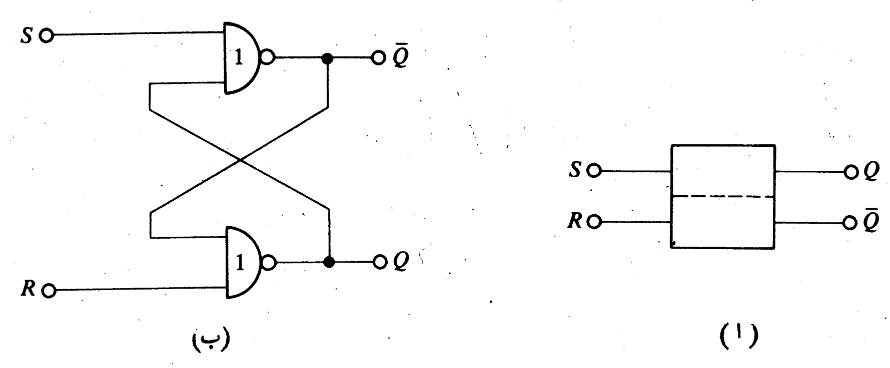
العناصر ثنائية الاستقرار

٦ — ١ مقدمة

للعناصر ثنائية الاستقرار حالتان ممكنها الاستقرار أو الاتزان فى أيهما كما يمكن تغيير العنصر من حالة مستقرة إلى الحالة المستقرة الأخرى بتوصيل إشارة للعنصر . هذه الأجهزة تمثل نوعاً بسيطاً من أنواع الذاكرة وذلك لأن حالة الخرج فى أى لحظة يتحدد بالإشارة الداخلة عند لحظة سابقة . ويطلق على هذه العناصر فى بعض الحالات إسم **الدوائر القلابة أو الذاكرة الثابتة الساكنة** . . . الخ . وتسمى النظم التى تدخل هذه العناصر فى تركيبها **بالنظم المنطقية المتسلسلة** .

٦ — ٢ دائرة قلابة من نوع S – R

يبين شكل ٦ — ١ الرمز المنطقى للدائرة القلابة من نوع S – R كما يبين شبكة منطقية يمكنها محاكاة عمل هذه الدائرة . يلاحظ أن هذه الدائرة تتكون من بوابتين من نوع نفى « أو » (NOR) متصلتين بطريقة متداخلة كما هو مبين فى شكل ٦ — ١ (ب) .



شكل ٦ — ١ دائرة قلابة من نوع S – R

من التعريف الأساسى لهذه الدائرة القلابة فإنه عندما تكون الإشارة المؤثرة على الدخل S "1" يكون الخرج Q فى الحالة المنطقية "1" . بغض النظر عن حالة Q السابقة وفى نفس الوقت تكون الحالة المنطقية للخرج $\bar{Q}$ "0". وإذا أثرنا على الدخل R بالإشارة "1" تصبح الحالة المنطقية للخرج Q "0" . والحالة المنطقية للخرج $\bar{Q}$ "1".

أما إذا تم التأثير على كل من S و R فى نفس الوقت بالإشارة المنطقية "1" فإن حالة الخرج المنطقية تصبح غير محددة وغير معروفة ويجب محاولة تفادى ذلك .

لأن الاهتزازات الداخلية الناتجة يمكن أن تدمر الدائرة القلابة لو كانت مصنعة من مكونات منفصلة .

يمكن كتابة جدول الحقيقة لهذه الدائرة القلابة كما فى شكل ٦ — ٢ حيث تمثل Q_{t-1} حالة الخرج Q قبل تأثير الإشارات الداخلة عند S و R وتمثل Q_t حالة الخرج عند Q بعد التأثير بالإشارات عند S و R .

S	R	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0	0
0	0	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	1	0	*
1	1	1	*

حالة غير محددة أو معروفة

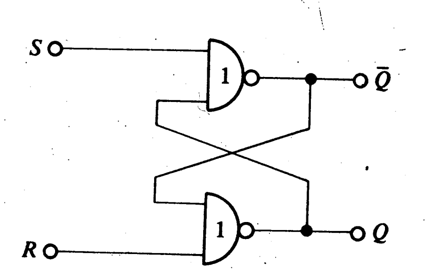
شكل ٦ — ٢ جدول الحقيقة لدائرة قلابة من نوع S — R .

ملحوظة : يلاحظ أن الدائرة القلابة من نوع S — R والمنفذة باستخدام بوابتين متداخلتين من نوع نفى « أو » (NOR) لن يتم تدميرها عند التأثير على كل من R, S بالإشارة « 1 » بل سيصبح الخرج فى هذه الحالة عند كل من Q و Q فى الحالة المنطقية « O » .

تمرين عملى ٦ أ :

دائرة قلابة من نوع S — R

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المرسومة فى شكل ٦ — ٣ والتى تستخدم بوابات نفى « أو » (NOR) فقط .



شكل ٦ — ٣ دائرة S—R القلابة باستخدام شبكة بوابات نفى « أو » (NOR)

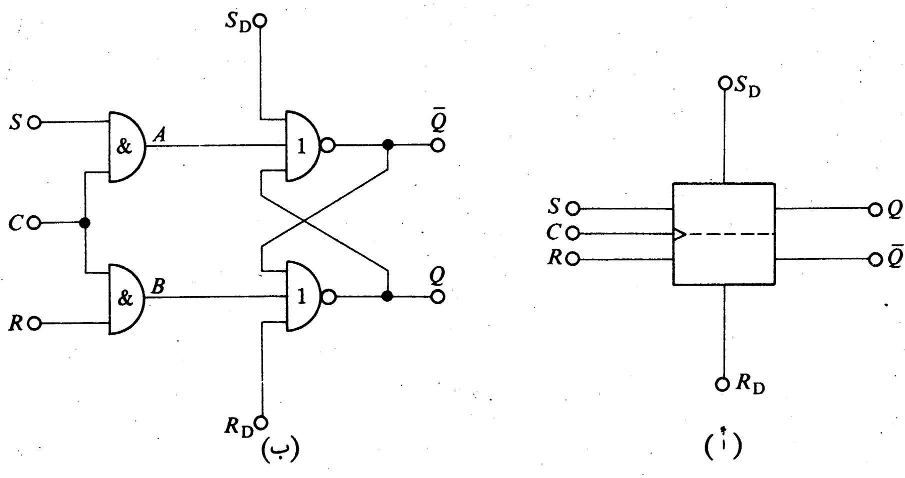
استنتج جدول الحقيقة لهذه الدائرة بالتأثير عند S و R بجميع توافقيات الإشارات الممكنة .

كرر هذا التمرين باستخدام بوابتين متداخلتين من نوع نفى « و » (NAND) .

ملحوظة : يلاحظ أن الإشارات المؤثرة عند S و R فى حالة استخدام بوابات نفى « و » (NAND) هى متممة للإشارات المذكورة فى حالة بوابات نفى « أو » (NOR) .

٦ — ٣ دائرة قلابة متزامنة من نوع S — R

يبين شكل ٦ — ٤ الرمز المنطقى والشبكة المنطقية لدائرة قلابة متزامنة من نوع S—R والتى تشبه إلى حد كبير الدائرة القلابة من نوع S — R والتى سبق تقديمها مع إضافة إشارة ثالثة على مدخل ثالث يسمى مدخل الساعة C (وأحياناً يرمز له بالرموز CK أو CLK).



شكل ٦ — ٤ دائرة قلابة متزامنة من نوع S — R .
(أ) الرمز المنطقى . (ب) الشبكة المنطقية .

عندما تصبح الإشارة على مدخل الساعة C فى الحالة المنطقية « 1 » تصبح الإشارة الموجودة عند B, A مساوية للإشارة الموجودة على R, S على التوالى وبذلك لا يمكن تغيير حالة الدائرة القلابة إلا عندما تكون إشارة الساعة الداخلة على C فى الحالة المنطقية « 1 » .

يمكن أيضاً تزويد الدائرة القلابة المتزامنة بمداخل أخرى S_D و R_D لتتحكم فى عمليات تغيير حالة القلاب بدون أى تأثير من الساعة ويطلق على هذه المداخل *PRESET* و *PRECLER* .

تمرين عملى ٦ ب :

دائرة قلابة متزامنة من نوع S — R

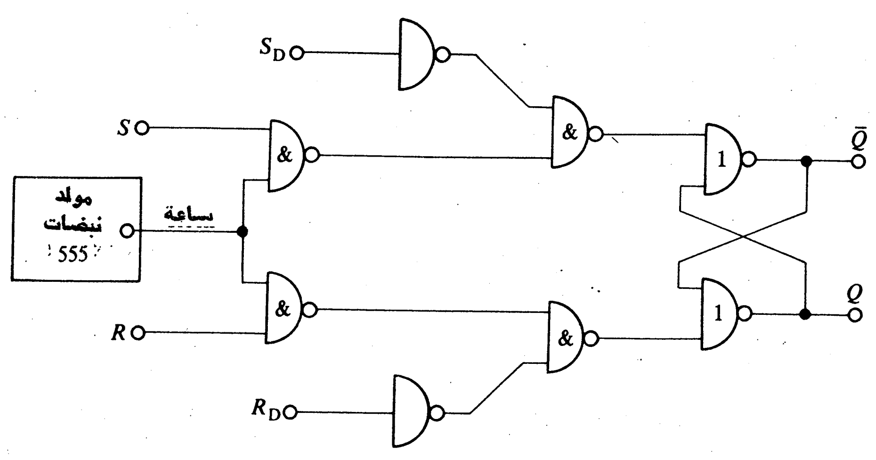
قم بتوصيل الشبكة المنطقية للدائرة القلابة المتزامنة من نوع S — R كما هو مبين فى شكل ٦ — ٥ .

اضبط تردد النبضات من مولد النبضات 555 لتردد مناسب وادرس عمل الدائرة القلابة المرسومة باستخدام توافقيات الإشارات الممكنة على المداخل R, S .

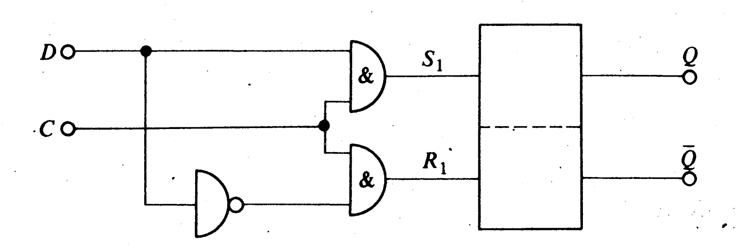
فك توصيلة مولد النبضات وادرس تأثير ذلك على عمل الدائرة القلابة وتأثير الإشارات الداخلة على R_D, S_D

٦ — ٤ دائرة قلابة من نوع D

استنبط هذا النوع من الدائرة القلابة للتغلب على المشاكل التى ظهرت فى دوائر S — R القلابة والتى تتمثل فى أنه عندما تكون الإشارتان الداخلتان على R, S لهما فى نفس الوقت القيمة المنطقية « 1 » فإن حالة الخرج تكون غير محددة .



شكل ٦ — ٥ الشبكة المنطقية للدائرة القلابة المتزامنة من نوع S — R .



شكل ٦ — ٦ الدائرة القلابة من نوع D .

وأمكن التغلب على ذلك فى الدائرة القلابة من نوع D بالتأكد من أن R, S تم كل منهما الأخرى ، ويتأتى ذلك بتوصيل إشارة على S وعكسها (متممّها) على R عن طريق بوابة نفى (NOT) كما هو موضح فى شكل ٦ — ٦ يبين شكل ٦ — ٧ جدول الحقيقة للدائرة القلابة من نوع D .

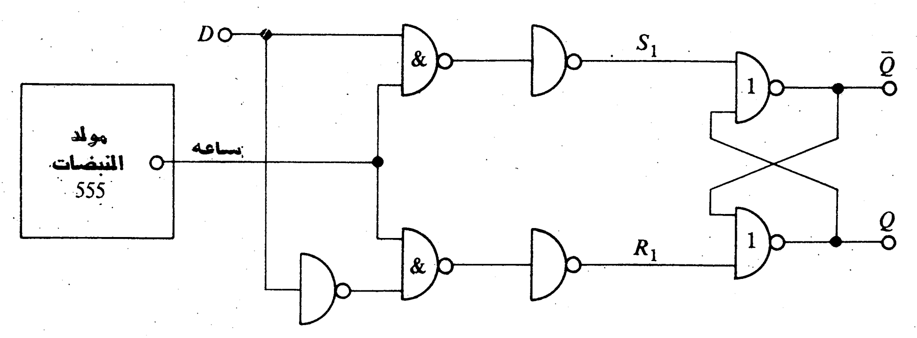
D	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

شكل ٦ — ٧ جدول الحقيقة لدائرة قلابة متزامنة من نوع D

تمرين على ٦ ج :

دائرة قلابة من نوع D

قم بتوصيل الشبكة المنطقية لدائرة قلابة من نوع D كما هو مبين فى شكل ٦ — ٨ وتحقق من عملها .

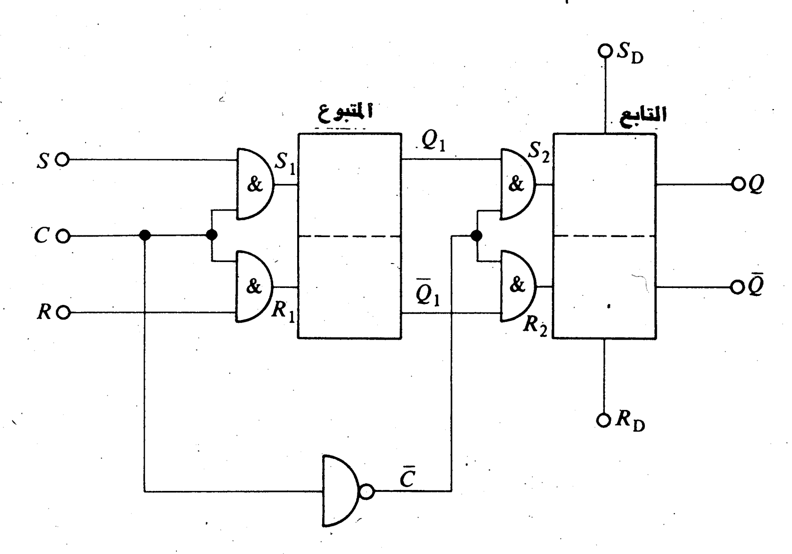


شكل ٦ — ٨ توصيلة دائرة قلابة من نوع D

٦ — ٥ قاعدة التابع / المتبوع

فى الدائرة القلابة المتزامنة من نوع S—R ومن نوع D تم عملية التغيير عند حافة النبضة التى تحدث عند تغيير إشارة الساعة من « O » إلى « 1 » أى على الحافة الصاعدة فى النبضة الموجبة المؤثرة عند C . ويؤدى هذا فى بعض الأحيان إلى مشاكل فى التزامن عند توصيل هذا النوع من الدوائر القلابة فى شبكة عدادات وقد تم تصميم نظام التابع — المتبوع للتغلب على هذه المشاكل . ويشبه الرمز المنطقى للدائرة القلابة من نوع التابع — المتبوع إلى حد كبير الرموز التى درست حتى الآن .

تستخدم دائرة التابع — المتبوع القلابة اثنتين من الدوائر القلابة من نوع S—R موصلتين على التوالى بحيث يكون مدخلا الساعة لهما متتامان كما هو مرسوم فى شكل ٦ — ٩ .



شكل ٦ — ٩ دائرة قلابة من نوع التابع — المتبوع

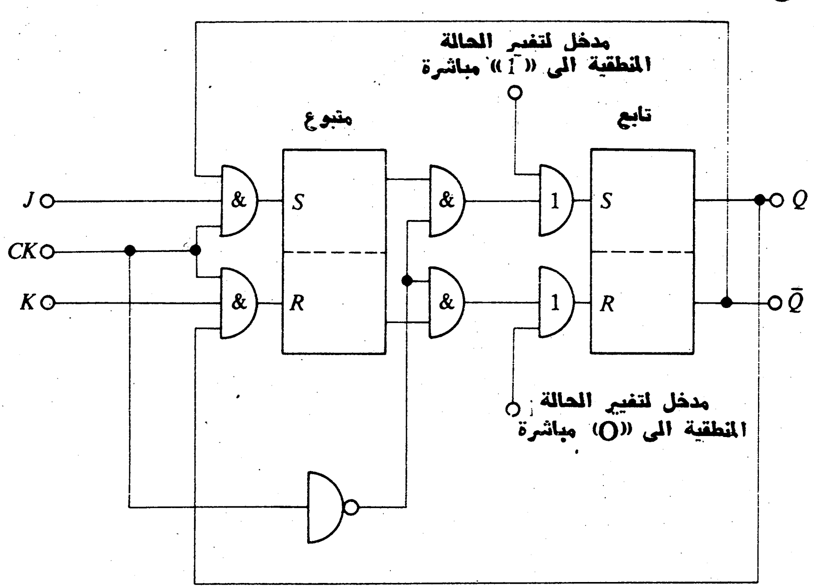
من الواضح أن الدائرة القلابة للمتبوع يمكن أن تتغير لحالة المنطقية « 1 » أو « O » عندما يكون مدخل الساعة C فى الحالة « 1 » أى على الحافة الصاعدة لنبضة الساعة . فى نفس الوقت تكون الدائرة القلابة للتابع مجمدة .

وغير قابلة للتغيير بسبب أن مدخل الساعة لها يكون فى الحالة « O » . وعندما تصبح الإشارة المؤثرة على مدخل الساعة « O » وعند الحافة النازلة لنبضة الساعة تصبح الإشارة المؤثرة على الدائرة القلابة التابع « 1 » وتتغير الدائرة إلى الحالة الجديدة للدائرة القلابة المتبوع . بهذه الطريقة يلاحظ أنه يتم تجهيز النظام وذلك بوضع المتبوع فى الحالة المنطقية « O » أو « 1 » عند الحافة الصاعدة لنبضة الساعة وعند الحافة النازلة لنفس النبضة يتم نقل حالة المتبوع للتابع وبذلك لا يتم ظهور الإشارة عند خرج الدائرة القلابة من نوع التابع والمتبوع إلا عند الحافة النازلة الأخيرة لنبضة الساعة .

٦ — ٦دائرة قلابة من نوع J — K

يلاحظ أن هناك توصيلات إرجاع للإشارة بين الخرج والمداخل فى دوائر العدادات التى تصمم باستخدام الدوائر القلابة . وبسبب حساسية الدوائر القلابة العادية لحافة نبضة الساعة يمكن حدوث تذبذب بين الحالة المنطقية « 1 » والحالة المنطقية « O » لهذه الدوائر طالما بقى الدخل من الساعة له القيمة المنطقية واحد . ولهذا تم تصميم الدائرة القلابة التابع والمتبوع للتغلب على هذا النوع من المشاكل .

وصممت الدوائر القلابة من نوع J—K للحصول على المزايا المشتركة لكل من الدوائر القلابة من نوع S—R ومن نوع التابع — المتبوع ويبين شكل ٦ — ١٠ توصيلة دائرة قلابة من نوع J — K .



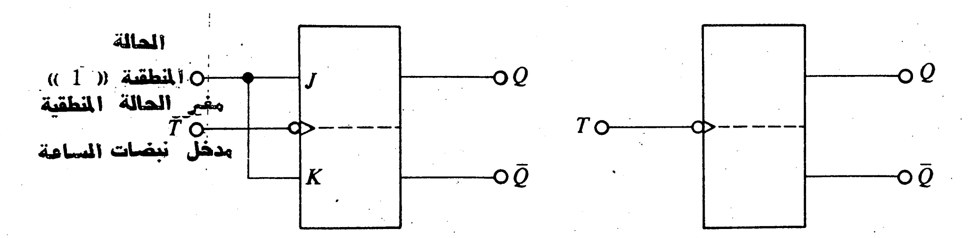
شكل ٦ — ١٠ دائرة قلابة من نوع J—K

يبين شكل ٦ — ١٠ جدول الحقيقة للدائرة القلابة من نوع J—K .

عندما يكون كل من الإشارتين المؤثرتين عند J ، K تساوى « 1 » تعمل الدائرة القلابة على تغيير حالتها المنطقية عند الخرج Q عند آخر كل نبضة ساعة كما هو مبين فى شكل ٦ — ١٢ . فى هذه الحالة يطلق على الدائرة القلابة أنها من النوع T . وهو اختصار لكلمة TRIGGER وذلك لأن هذه الدائرة القلابة تغير حالتها بعد كل نبضة ساعة بغض النظر عن حالتها الأصلية .

J	K	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

شكل ٦ — ١١ جدول الحقيقة لدائرة قلابة من نوع J — K .



شكل ٦ — ١٢ دائرة قلابة من النوع T .

يلاحظ أن الدائرة القلابة من نوع J—K من أحسن الدوائر فى الاستعمال لأن لها معظم مميزات الدوائر القلابة المتزامنة كما يلاحظ أن الدائرة القلابة من نوع D هى أكثرها استعمالا عندما يكون المطلوب تغيير حالة الدائرة عند حافة النبضات كما أنها تتوافر فى معظم أنواع الدوائر المنطقية المتكاملة .

الفصل السابع

عمليات الحساب الثنائى

٧ — ١ مقدمة

تعتبر عملية الجمع من أهم العمليات الحسابية إذ يمكن تنفيذ العمليات الحسابية الأربع الجمع والطرح والضرب والقسمة بممارسة الجمع وتنقسم الدوائر المستخدمة فى عمليات الجمع إلى مجموعتين نصف جامع وجامع تام .

يعطى نصف الجامع حاصل جمع رقين ثنائيين ورقماً يمثل المرحل . وتنفذ كل مرحلة من مراحل الجامع التام عملية جمع كاملة على رقين ، واحد من كل من العددين المطلوب جمعهما مع الرقم المرحل من مرحلة الجمع السابقة وينتج عن هذه العملية رقم ثنائى يمثل المجموع ورقم ثنائى آخر يمثل الرقم المرحل للعملية التالية . ويمكن أن تصمم دوائر الجمع إما للعمل على التوالى أو على التوازى . فى حالة الجمع على التوالى تتم عملية الجمع بطريقة متسلسلة بدءاً من الرقم الأصغر قيمة (LSD) أى الرقم الموجود فى أقصى يمين العدد بينما فى حالة الجمع على التوازى تتم عملية جمع أرقام العددين المطلوب جمعهما فى نفس الوقت تقريباً . ولهذا يكون الجمع على التوازى أسرع بكثير من الجمع على التوالى ولكنه يكون أكثر تعقيداً وأغلى فى تكاليفه من الجمع على التوالى .

٧ — ٢ الجمع فى الحساب الثنائى

يتم تطبيق قواعد الحساب الأساسية فى جمع أى عددين بغض النظر عن أساس النظام العددى لهما فمثلا عند جمع عددين فى الحساب الثنائى :

ابدأ من الرقم الأصغر قيمة (LSD) ، أى فى أقصى يمين العدد ، واجمع كل رقين كما يلى :

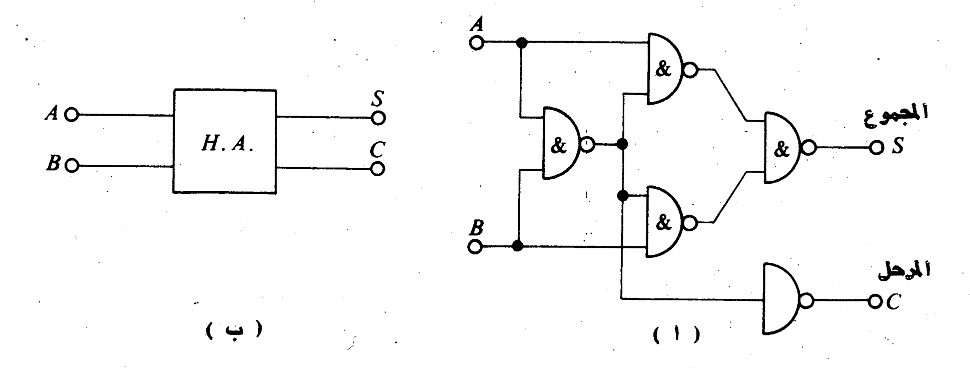
(أ) إذا كان عدد الأرقام من ذات القيمة « 1 » المطلوب جمعها زوجياً تكون نتيجة الجمع « 0 » ولحساب الرقم المرحل للخانة التالية اقسم عدد الأرقام الفعلية ذات القيمة « 1 » على 2 ونتيجة القسمة تساوى الرقم المرحل . انقل الرقم المرحل لخانة الأرقام التالية :

(ب) إذا كان عدد الأرقام من ذات القيمة « 1 » المطلوب جمعها فردياً تكون نتيجة الجمع « 1 » . ثم اطرح « 1 » من عدد الأرقام الفعلية ذات القيمة « 1 » واقسم الناتج من عملية الطرح على 2 . وخارج القسمة هو الرقم المرحل لخانة الأرقام التالية .

مثال ٧ — ١ :

اجمع الرقين الثنائيين المكافئين للرقين العشريين 46 و 22 .

$$\begin{array}{r} 101110 \equiv 46 \\ 10110 \equiv 22 \\ \hline 1000100 \equiv 68 \end{array}$$



شكل ٧ – ١ نصف جامع – (أ) الشبكة المنطقية (ب) الرمز المنطق

يبين شكل ٧ – ١ الشبكة المنطقية لنصف جامع وتتكون من بوابة «أو» المنفردة (Exclusive – OR) بالإضافة إلى بوابة « نفى » (NOT) وتستطيع هذه الشبكة تنفيذ عملية جمع رقمين ثنائيين .

يبين شكل ٧ – ٢ جدول الحقيقة لنصف جامع .

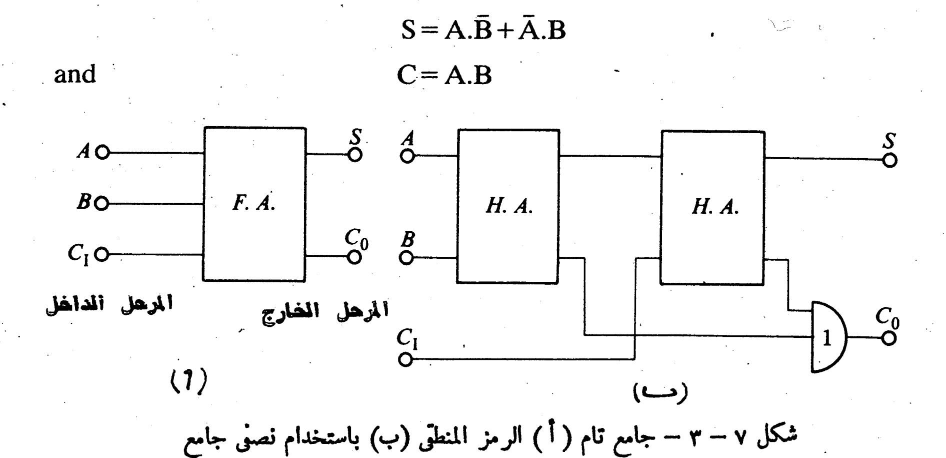
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

شكل ٧ – ٢ جدول الحقيقة لنصف جامع .

يمكن كتابة المعادلات البولية التى تصف نصف الجامع كالتالى :

$$S = A.\bar{B} + \bar{A}.B$$

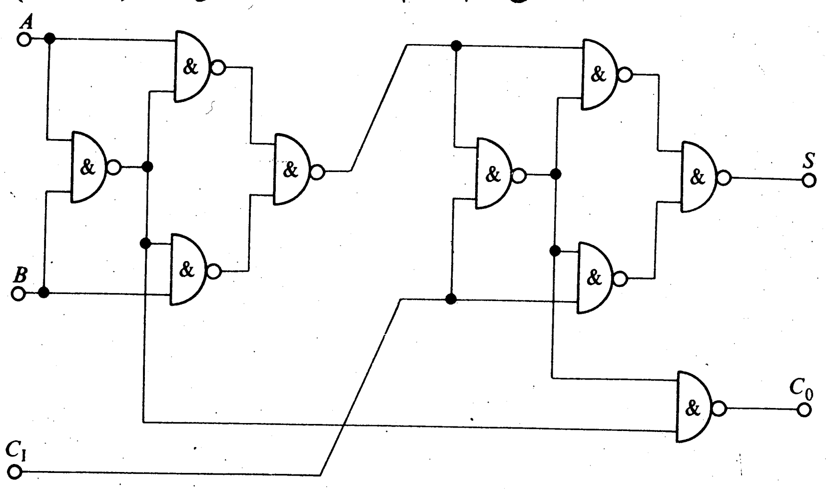
and $$C = A.B$$



شكل ٧ – ٣ – جامع تام (أ) الرمز المنطق (ب) باستخدام نصفى جامع

من الواضح أن نصف الجامع يمكنه أن يقوم بجمع رقين ثنائيين فقط وبذلك يمكنه جمع الرقين الموجودين فى أقصى اليمين للعددين المطلوب جمعهما ولكن لا نستطيع استخدامه مباشرة لجمع جميع أرقام العددين نظراً لاحتمال وجود رقم ثالث يدخل فى عملية الجمع مرحل من عملية جمع سابقة . ولهذا السبب فقد تم عمل دائرة تقوم بعملية الجمع لثلاثة أرقام ثنائية وتسمى جامعاً تاماً . وللجامع التام ثلاثة مداخل ويمكن تكوين الجامع التام بتوصيل اثنين من أنصاف الجوامع كما هو مبين فى شكل ٧ — ٣ .

يبين شكل ٧ — ٤ الشبكة المنطقية للجامع التام وقد تم تكوينه من بوابات نفى « و » (NAND) .



شكل ٧ — ٤ توصيلة جامع تام باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) .

تمرين عملى ٧ أ :

نصف جامع

قم بتوصيل الشبكة المنطقية لنصف الجامع المبين فى شكل ٧ — ١ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7400 والتى تتكون من أربع دوائر كل منها تحتوى على بوابة نفى « و » (NAND) بمدخلين وتكتب(1 × SN 7400, (QUAD 2i/P NAND) مع دائرة متكاملة 1/6 × SN 7404 (بوابة نفى NOT).

جرب توصيل كل توافقيات الإشارات الداخلة الممكنة على B, A وسجل قراءة كل من المجموع S والمرحل C واختبر صحة جدول الحقيقة المبين فى شكل ٧ — ٢ .

تمرين عملى ٧ ب :

جامع تام

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٧ — ٤ لجامع تام باستخدام الدوائر المتكاملة من نوع SN 7400 وتفصيلها ($2\,^1/_4$ × SN 7400 QUAD 2 i/p NAND) .

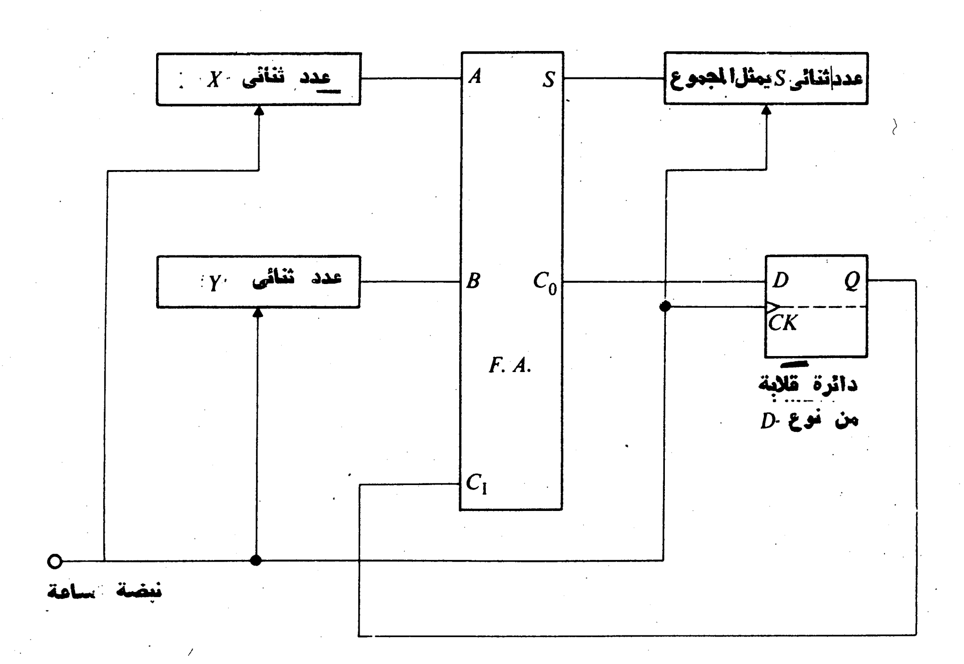
جرب توصيل كل توافقيات الإشارات الداخلة على C_1 ، B ، A لتحديد جدول الحقيقة للشبكة المنطقية للجامع التام .

٧ — ٣ الجامع على التوالى

يستطيع الجامع التام الذى قنا بتقديمه أن يجمع ثلاثة أرقام ثنائية . تمثل هذه الأرقام الثلاثة الثنائية عملية جمع كاملة

لعمود واحد (رقين) مع رقم ثنائى ثالث يجب جمعه ويمثل الرقم الذى تم ترحيله من جمع عمود سابق (المرحل السابق) . سوف نقدم الآن العملية الكاملة لجمع عددين ثنائيين .

فى عملية الجمع على التوالى يتم ظهور الأرقام الثنائية المكونة للعددين المطلوب جمعهما بصورة متسلسلة ومتزامنة على أطراف الإدخال فى الجامع على التوالى B, A ويبين شكل ٧ – ٥ توصيلة بسيطة لجامع على التوالى .



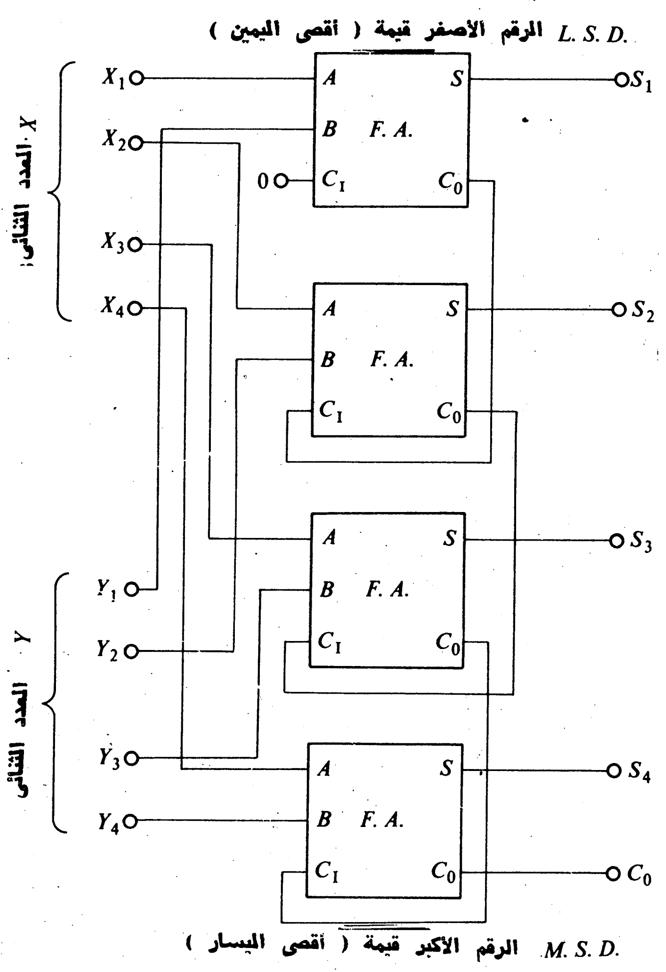
شكل ٧ – ٥ جامع على التوالى .

يتم تخزين العددين Y, X المطلوب جمعهما وتخزين ناتج عملية الجمع S فى سجل إزاحة (أنظر الفصل الثامن) . يتم نقل كل رقم من أرقام العددين X و Y إلى الجامع تحت تأثير نبضة ساعة للتحكم فى التزامن بدءاً من الرقم الأصغر قيمة (LSD) (الرقم الموجود فى أقصى اليمين) . يلاحظ أن هذا الجامع يستخدم نفس نبضة الساعة للتحكم فى نقل الأرقام إلى مداخل الجامع ، ومسجل المجموع والدائرة القلابة من نوع D وبذلك يتحقق التأثير الزمنى اللازم لنقل الرقم المرحل من عملية الجمع خلال الدائرة القلابة إلى المدخل C_1 للجامع التام .

إذا افترضنا أن خرج الدائرة القلابة قبل بدء عملية الجمع Q كان فى الحالة « 0 » فإنه عند ظهور النبضة الأولى للساعة ينتقل الرقان الأصغر قيمة (أقصى اليمين) إلى المداخل B, A للجامع التام . عند ذلك يظهر المجموع S والمرحل C_0 عند ظهور النبضة التالية للساعة ينتقل الرقان التاليان من العددين Y, X إلى مداخل الجامع التام B, A ويزاح المجموع السابق S إلى داخل مسجل الإزاحة كما تنتقل الإشارة الممثلة للمرحل من العملية السابقة خلال الدائرة القلابة لتظهر على الخرج Q للدائرة القلابة وبذلك يصل المرحل إلى المدخل C_1 للجامع التام . يتم تكرار العملية السابقة فى كل نبضة من نبضات الساعة حتى يتم التعامل مع جميع الأرقام المكونة للعددين Y, X ويختزن المجموع S فى السجل .

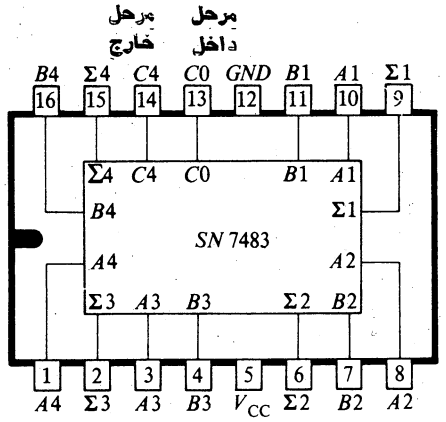
٧ — ٤ الجامع على التوازى

يقوم الجامع على التوازى بتنفيذ عملية جمع عددين بسرعة كبيرة جداً بالمقارنة بالجامع على التوالى . لكن الجامع على التوازى يتطلب عدداً أكبر من الدوائر بحيث يكون لكل رقمين ثنائيين فى العددين المطلوب جمعهما جامع تام . يبين شكل ٧ — ٦ توصيلة لجامع على التوازى يمكنه جمع عددين كل منهما يتكون من أربعة أرقام ثنائية ويطلق عليه **جامع تام رباعى** ، تجب مراعاة وضع مخارج المرحل فى توصيلة الجامع على التوازى فى الحالة « 0 » قبل بدء أى عملية جمع جديدة وذلك لضمان صحة النتائج .



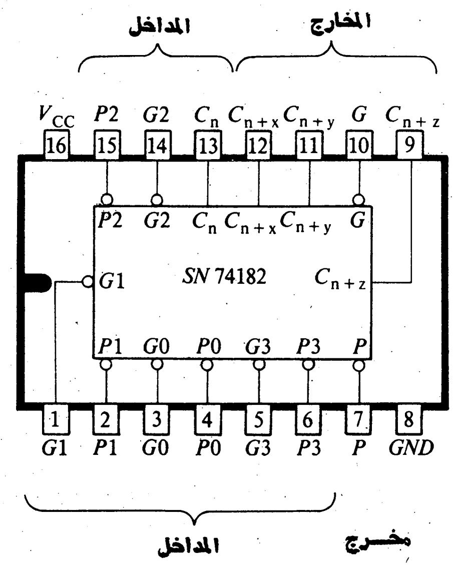
شكل ٧ — ٦ جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية .

يمكن الحصول على التوصيلة المبينة فى شكل ٧ — ٦ من الدائرة المتكاملة رقم SN7483 التى تقوم بجمع عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية . يبين شكل ٧ — ٧ هذه الدائرة حيث يرمز للعددين الثنائيين المطلوب جمعهما بالرمز B, A والمجموع بالرمز Σ (الحرف اليونانى سيجما) .



شكل ٧ – ٧ جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية (دائرة رقم SN 7483) .

يلاحظ أن الزمن اللازم لإتمام عملية جمع عددين ثنائيين هو الزمن اللازم لتموج الرقم المرحل خلال جميع المراحل حتى الرقم الأخير . رغم ذلك فإنه قد تم تصميم دوائر تستفيد من توقع الإشارات المرحلة الممكن وصولها فى مراحل معينة . وتم بذلك تخفيض الوقت اللازم لإجراء عملية الجمع . ويبين شكل ٧ – ٨ دائرة متكاملة مثل SN 74182 لها خاصية توقع إشارة المرحل .



شكل ٧ – ٨ جامع له خاصية توقع إشارة المرحل (SN 74182) .

٧ – ٥ الطرح فى الحساب الثنائى

توجد طرق عديدة لإجراء عملية الطرح فى الحساب الثنائى وسندرس فى هذا الجزء من الكتاب طريقتين هما الطريقة الحسابية وطريقة الآلات الحاسبة .

(أ) **الطريقة الحسابية** – وتتم فيها عملية الطرح بدءاً من الرقم الأصغر قيمة(LSD) (الرقم فى أقصى اليمين) بطرح كل رقمين فى عمود واحد متجهين بعد كل عملية طرح إلى الرقم الأعلى قيمة (MSD) (الرقم أقصى اليسار) كالتالى :

١ – لو كانت عملية الطرح المطلوب تنفيذها هى 0 – 0 أو 1 – 1 يكون الناتج من عملية الطرح 0 .

٢ – إذا كانت عملية الطرح 1 – 0 يكون الناتج 1 .

٣ – إذا كانت عملية الطرح 0 – 1 يكون الناتج 1 وبذلك يجب تغيير كل « 0 » فى العدد الأكبر (بدءاً من العمود التالى وفى اتجاه اليسار (إلى « 1 » حتى نصل إلى أول رقم « 1 » فنغيره إلى « 0 » ونستوفى استكمال عملية الطرح لباقى الأعمدة .

مثال ٧ – ٢ : قم باجراء عملية الطرح التالية 40 – 22

```
  0   0 1
  1 0 1 0 0 0 ≡ 40
    1 0 1 1 0 ≡ 22
  ---------------------
    1 0 0 1 0 ≡ 18
```

(ب) **طريقة الآلة الحاسبة** : عادة تمثل الأعداد السالبة بكتابة العدد وإضافة الإشارة السالبة (–) فى أقصى اليسار . إلا أن الحاسب الرقمى غير قادر على تمثيل أى إشارة إلا عن طريق الأرقام الثنائية « 1 » ، و « 0 » ولهذا تم إضافة رقم ثنائى إضافى للعدد الثنائى بحيث يخزن فيه « 0 » للأعداد الموجبة و « 1 » للأعداد السالبة . فى هذه الحالة يكون من الضرورى تحديد عدد الأرقام الثنائية المستخدمة لتمثيل العدد فمثلا العدد 22 يخزن فى صورة 010110 بحيث يمثل الرقم « 0 » المكتوب فى أقصى اليسار الإشارة الموجبة (+) ونستخدم ستة أرقام ثنائية لتمثيل هذا العدد . بنفس الطريقة يمكننا كتابة الرقم 22– فى صورة 110110 بحيث يمثل الرقم « 1 » المكتوب فى أقصى اليسار الإشارة السالبة (–) . رغم أن هذه الطريقة تمثل العدد فى صورة قيمة وإشارة إلا أنها لا تساعد الحاسب فى تنفيذ عملية الطرح .

لذا يتم عادة تنفيذ عملية الطرح بتكوين **العدد المتمم الثنائى** للعدد المطلوب طرحه ثم إجراء عملية جمع .

ويتم تكوين **المتمم الثنائى** بالتأكد من أن عدد الأرقام الثنائية الممثلة للعددين المطلوب طرحهما متساو وذلك بإضافة عدد كاف من « 0 » إلى يسار الرقم الأصغر طولا . ثم تغيير كل « 1 » إلى « 0 » وكل « 0 » إلى « 1 » وبعد إتمام ذلك نجمع « 1 » إلى أصغر رقم فى العدد (الرقم الموجود فى أقصى اليمين) (LSD) .

مثال ٧ – ٣ : نفذ عملية الطرح التالية :

$$40_{10} - 22_{10} = 101000_2 - 10110_2$$

أولا : 10110 = 010110

ثانياً : احسب المتمم الثنائى للعدد 010110 = **101001**

ثالثاً : اجمع « 1 » فى أقصى اليمين

```
 101001 +
      1
 -------
 101010
```

أخيراً اجمع

```
  101000
 +101010
 -------
 1010010
```

إلا أنه يلاحظ أن النتيجة النهائية تحتوى على سبعة أرقام ثنائية ، ولما كان عدد الأرقام الثنائية التى نتعامل معها ستة فإن الرقم المنطقى « 1 » فى أقصى اليسار يكون زائداً وبالتالى يفقد ويكون العدد الناتج مكوناً من ستة أرقام ثنائية كما يلى : $010010 = 10010_2 = 18_{10}$.

٧ — ٦ الطارح الثنائى

يمكن طرح العدد الثنائى Y من العدد الثنائى X عن طريق جمع المتمم الثنائى للعدد Y إلى العدد X . ويتم حساب المتمم الثنائى للعدد Y بعكس كل « 1 » إلى « 0 » وكل « 0 » إلى « 1 » عن طريق بوابات نفى (NOT) ثم جمع « 1 » للرقم الموجود فى أقصى اليمين (LDS) . لذلك فن السهل تعديل الشبكة المنطقية المشروحة سابقاً فى عملية الجمع الثنائى لأداء عملية الطرح .

يبين شكل ٧ — ٩ شبكة منطقية لجمع أو طرح عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية على التوازى . يتحدد نوع العملية طرحاً أو جمعاً تبعاً للإشارة الموجودة على خط تحكم « 0 » للجمع و « 1 » للطرح .

تمرين عملى ٧ جـ :

جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٧ — ٦ . باستخدام الدائرة المتكاملة SN 7483 والتى تقوم بجمع عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية والمرسومة فى شكل ٧ — ٩ .

اضبط قيمة العددين Y, X على القيم المطلوبة ثم قم بتوصيل جهد التغذية ولاحظ المجموع والإشارة المرحلة واختبر النتائج .

كرر التجربة لقيم مختلفة للعددين Y, X .

تمرين عملى ٧ د :

طارح ـ جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية

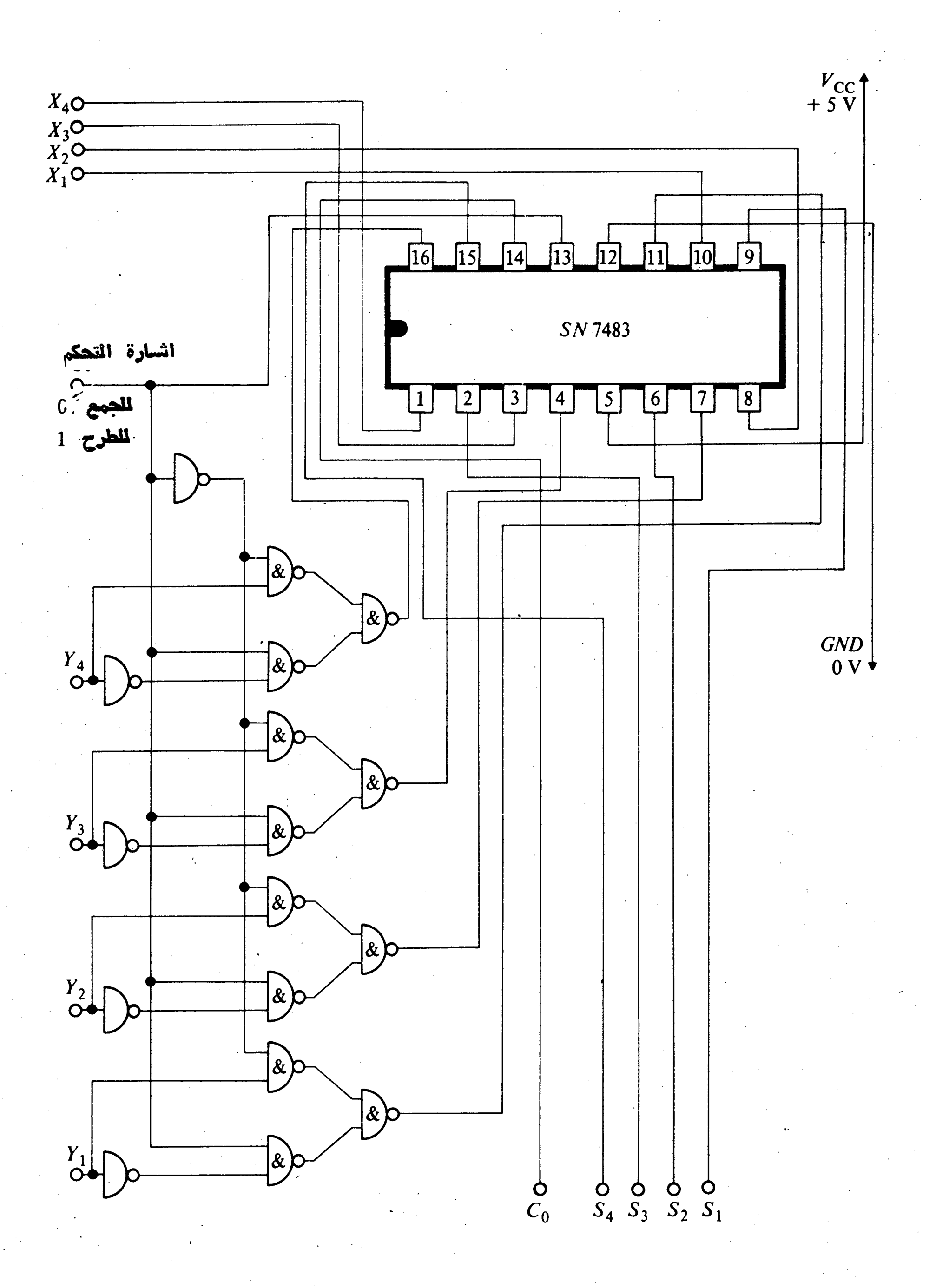
قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٧ — ٩ والتى تنفذ عمليتى الطرح ـ الجمع لأربعة أرقام ثنائية على التوازى باستخدام دائرة متكاملة رقم $1 \times$ SN 7483 (جامع تام لأربعة أرقام على التوازى) . وثلاثة دوائر رقم $3 \times$ SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND)) . الرباعية ذات المدخلين ودائرة متكاملة رقم $\frac{5}{6} \times$ SN 7404, (بوابات « نفى » (NOT)) .

اضبط العددين X و Y للقيم المطلوبة ووصل جهد التغذية واضبط إشارة التحكم إلى « 0 » واختبر أن الإشارة الموجودة على S هى مجموع X و Y . اضبط الآن إشارة التحكم إلى « 1 » وتأكد من أن الخرج عند S هو الفرق بين X و Y أى (X — Y) .

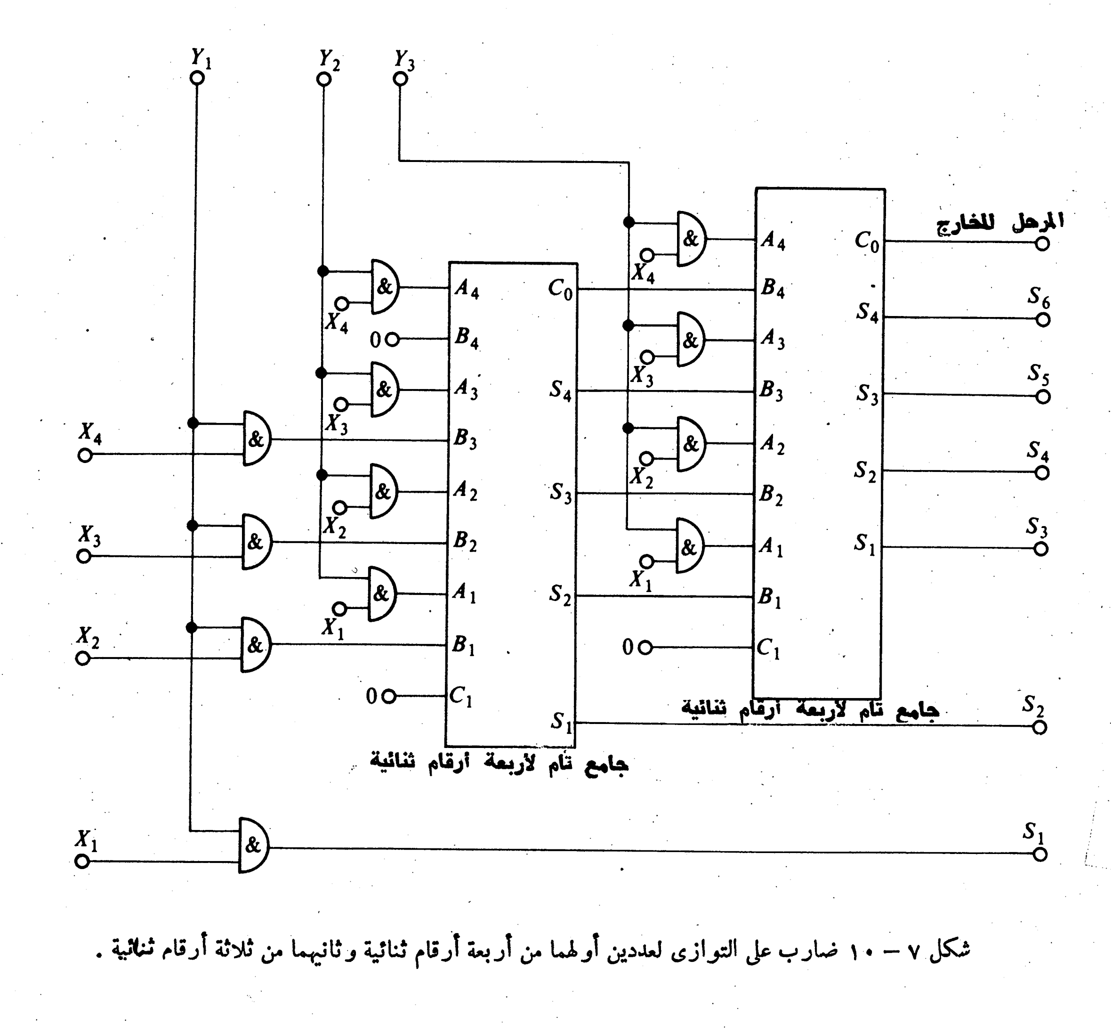
كرر التجربة السابقة لقيم مختلفة للعددين X و Y .

٧ — ٧ الضرب فى الحساب الثنائى

يمكن تطبيق قواعد الضرب الحسابى العادى ، ولما كان الضرب فى حالة الحساب الثنائى يقتصر على الضرب فى « 1 » أو فى « 0 » فإن عملية الضرب تتحول إلى عملية جمع مع الإزاحة .



شكل ٧ – ٩ جامع ـ طارح على التوازى لأربعة أرقام ثنائية .



شكل ٧ – ١٠ ضارب على التوازى لعددين أولهما من أربعة أرقام ثنائية وثانيهما من ثلاثة أرقام ثنائية .

مثال ٧ — ٤ : اضرب العددين العشريين 11 و 5 .

```
   1011 ≡ 11
   ×101 ≡  5
  ---------
   1011
  1011
  ---------
 110111 ≡ 55
```

يبين شكل ٧ — ١٠ الشبكة المنطقية لضرب عدد X مكون من أربعة أرقام ثنائية مع عدد Y مكون من ثلاثة أرقام ثنائية .

تمرين ٧ ٥ :

ضارب على التوازى

قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٧ — ١٠ لضارب غلى التوازى باستخدام عدد ٢ من الدائرة SN 7483 (جامع تام لأربعة أرقام ثنائية) . و ٣ من الدائرة SN 7400 (بوابات نفى «و» NAND) لكل منها مدخلان . و ٢ من الدائرة SN 7404 (بوابات نفى (NOT))

اضبط العددين X و Y بحيث يكون العدد X مكوناً من أربعة أرقام ثنائية والعدد Y من ثلاثة أرقام ثنائية .
قم بتوصيل جهد التغذية واختبر حالة الخرج . احسب حاصل ضرب X و Y وقارن النتائج .

كرر التجربة السابقة بقيم مختلفة للعددين X و Y .

٧ — ٨ القسمة فى الحساب الثنائى

يمكن أيضاً استخدام الطرق العادية لعملية القسمة وسندرسها بالمثال التالى :

مثال ٧ — ٥ : اقسم العدد العشرى 55 على 5 .

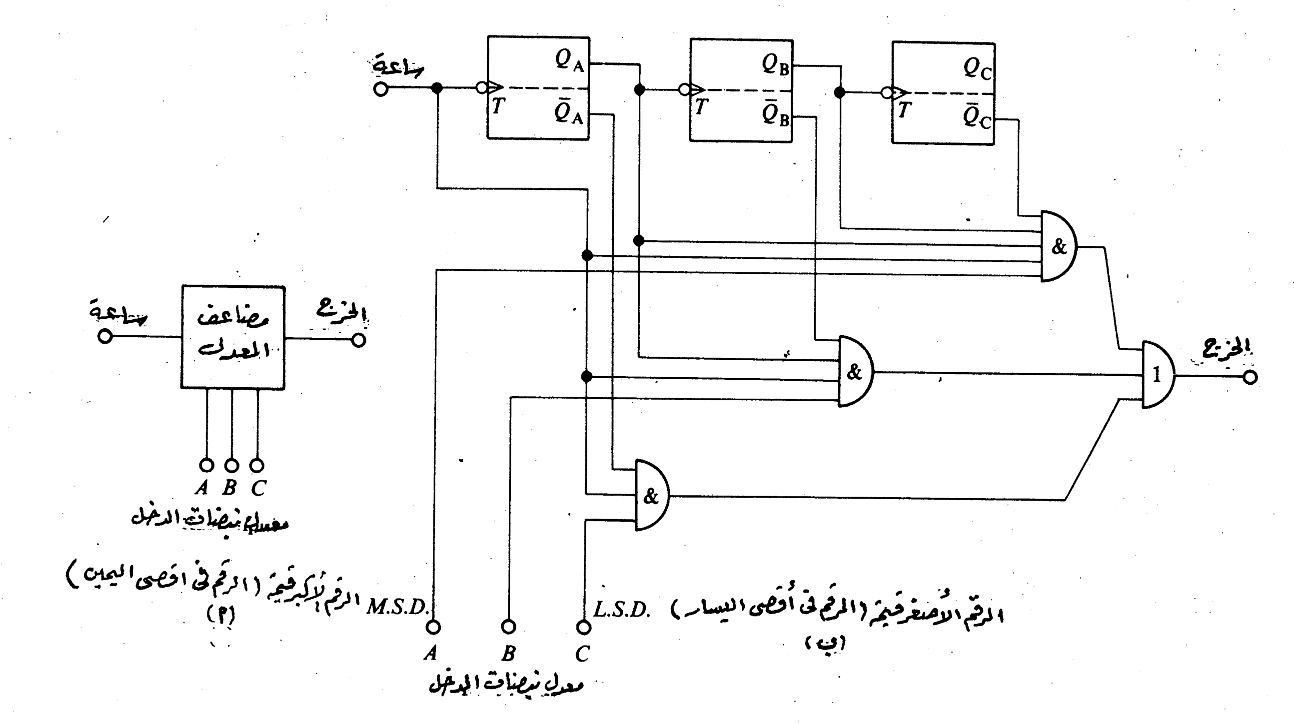
```
حاصل القسمة              حاصل القسمة

     11                      1011
  5)55                 101)110111
    5                       101
     5                       111
     5                       101
     0   الباقى                 101
                                101
                                000   الباقى
```

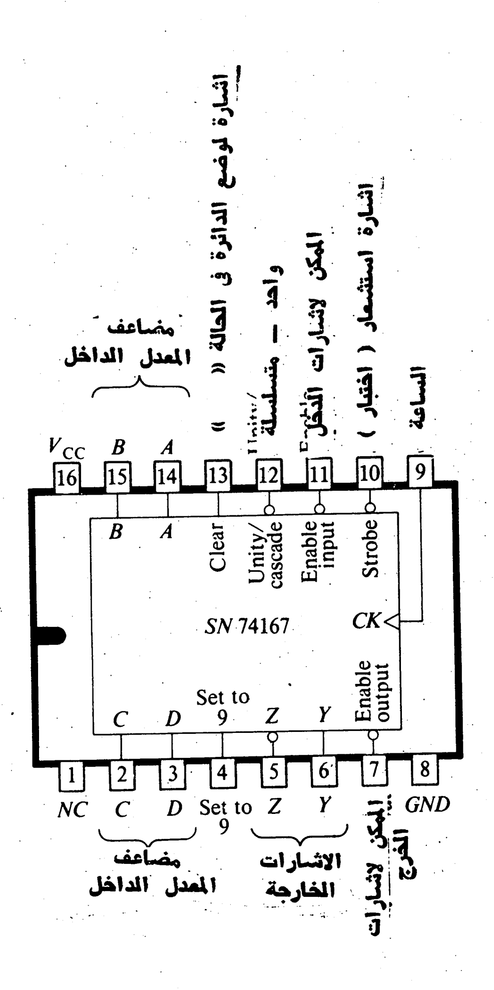
من الواضح أن عملية القسمة يمكن تنفيذها بتكرار عملية الطرح والإزاحة ويمكن تصميم دوائر منطقية لتنفيذ القسمة تشبه الدوائر التى تم تقديمها حتى الآن .

٧ — ٩ مضاعف المعدل

يعتبر مضاعف المعدل من الدوائر المفيدة جداً لأنه يولد نبضات ذات تردد يتناسب مع حاصل ضرب معدل النبضات الداخلة وعدد ثنائى موصل على المداخل على التوازى كما هو مبين فى شكل ٧ — ١١ .



شكل ٧ – ١١ مضاعف المعدل ذو ثلاثة أرقام ثنائية (أ) الرمز المنطقي (ب) الشبكة المنطقية



شكل ٧ — ١٢ مضاعف المعدل العشرى ذو أربعة أرقام ثنائية (SN 74167) .

الشبكة المنطقية لمضاعف المعدل متوافرة فى صورة دائرة متكاملة . فالدائرة رقم SN 74167 المبينة فى شكل ٧ — ١٢ مضاعف المعدل العشرى بأربعة أرقام ثنائية .

يمكن إدخال تعديلات طفيفة على مضاعف المعدل بحيث يمكنه أن يؤدى عمليات حسابية متعددة مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة والرفع لأس والتكامل ودوال رياضة أخرى . وهناك عدد آخر من الدوال الرياضية يمكن تنفيذها وتوجد فى صورة دوائر متكاملة وتبوب « وحدات الحساب والمنطق » (ALU's) .

الفصل الثامن

المسجلات ، مسجلات الازاحة والعدادات

٨ — ١ مقدمة

يطلق عادة إسم مسجل على أى مجموعة من الدوائر القلابة متصلة بحيث تحمل معلومات .

يعرف مسجل الإزاحة بأنه مسجل يحمل بيانات يمكن إزاحتها يميناً أو يساراً .

هناك أنوع معينة من المسجلات تستخدم لعد النبضات ويطلق عليها إسم عدادات .

يعرف العداد الدائرى بأنه مسجل إزاحة موصلة فى صورة حلقة مغلقة .

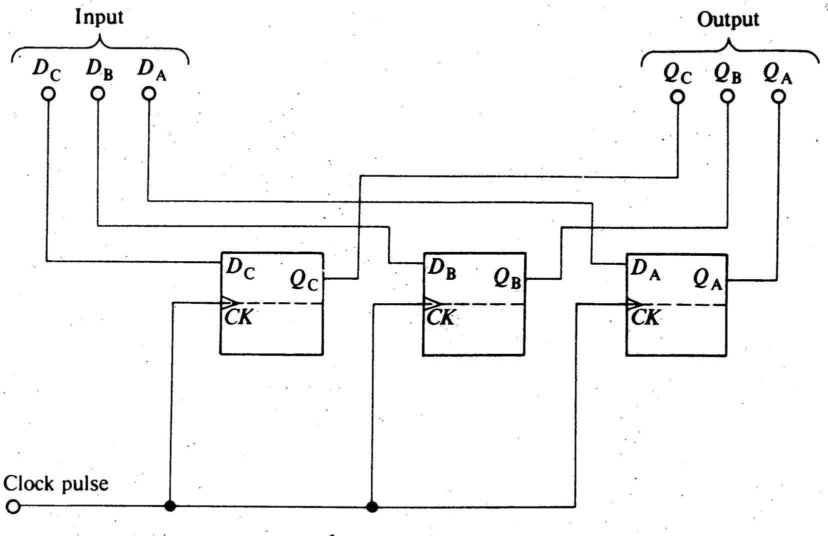
٨ — ٢ مسجل التخزين

يمكن تركيب مسجل التخزين من أى نوع من أنواع الدوائر القلابة المتزامنة (التى يتم التحكم فيه بنبضات الساعة) يقبل مسجل التخزين البيانات ويحتفظ بها مخزنة فى دوائره القلابة بحيث يمكن استخدامها فى أى لحظة .

يبين شكل ٨ — ١ مسجل تخزين لثلاثة أرقام ثنائية باستخدام الدائرة القلابة من نوع D ويتم فيه **إدخال البيانات وإخراجها على التوازى (PIPO)** .

فى هذا المسجل (شكل ٨ — ١) يتم وضع البيانات الداخلة كعدد ثنائى (مكون من أرقام ثنائية) على المداخل المميزة بالحرف D للدوائر القلابة وعند التأثير بنبضة الساعة على الدوائر القلابة يتم تخزين هذه البيانات بحيث تظهر على الخرج المميز بالحرف Q لكل دائرة قلابة . ويمكن استخدام الدوائر القلابة التى تحتوى على وصلات لوضع القيم « 1 » والقيم « O » فى الدائرة قبل بدء العمل. وأحد أمثلة ذلك الدائرة المتكاملة رقم SN 7474 التى بها دائرتان متماثلتان قلابتان من نوع D ولها هذه التوصيلات لتغذية المسجل بالبيانات .

ملحوظة : عند استعمال الدائرة رقم SN 7474 يلاحظ أنه فى غياب الإشارة عن مداخل الدائرة (دائرة الإدخال مفتوحة) تكون المستويات المنطقية على أطراف الإدخال فى الحالة المنطقية « 1 » . كما أنه فى هذه الحالة تكون الأطراف المسئولة عن وضع الدائرة القلابة فى الحالة « 0 » (preclear) أو الحالة « 1 » (preset) لها القدرة على تأدية وظيفتها بغض النظر عن وجود إشارات داخلة أو نبضة الساعة . ويلاحظ أن أطراف preset و preclear تعمل باشارة منطقية « 0 » .



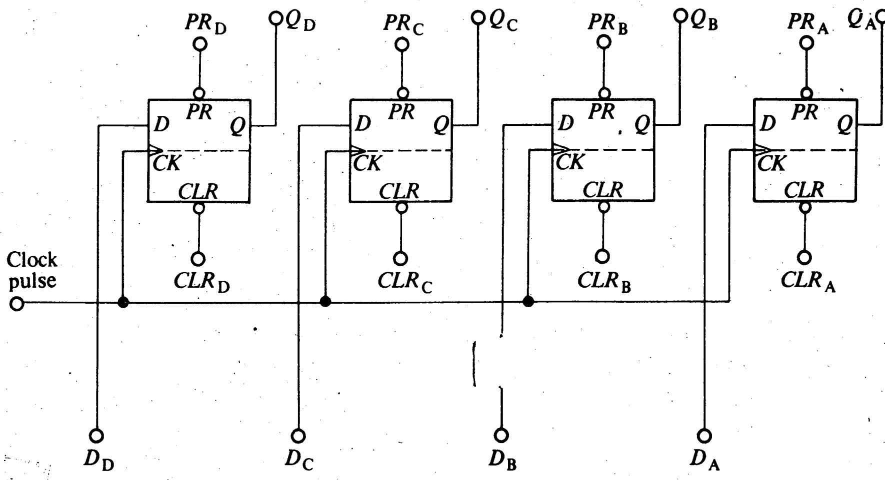
شكل ٨ — ١ مسجل بسيط لثلاثة أرقام ثنائية

تمرين عملى ٨ أ :

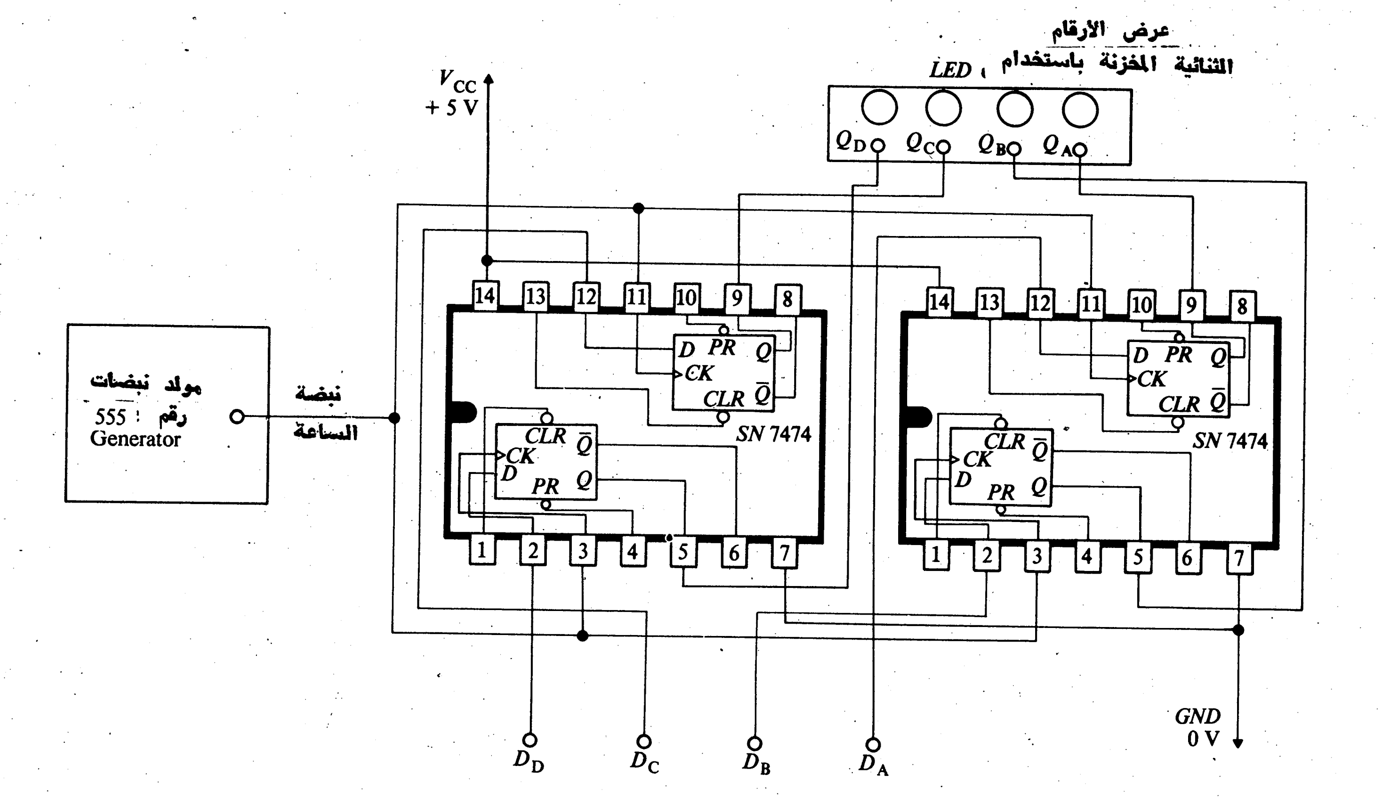
مسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل مسجل التخزين المبين فى شكل ٨ — ٢ و ٨ — ٣ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة من نوع SN 7474 والتى تحتوى على دوائر قلابة متماثلة من نوع D .

قم بوضع عدد يتكون من أربعة أرقام ثنائية على أطراف الإدخال D (على التوازى) ، وضع إشارة « 1 » على مدخل الساعة ، بعد وضع إشارة الساعة إلى « 0 » اختبر الأرقام المخزنة فى الخارج Q فى الدوائر القلابة بملاحظة الإشعاع الضوئى الناتج من النبيطة الثنائية المشعة للضوء (LED) الموصلة على كل خرج .



شكل ٨ — ٢ الشبكة المنطقية لمسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

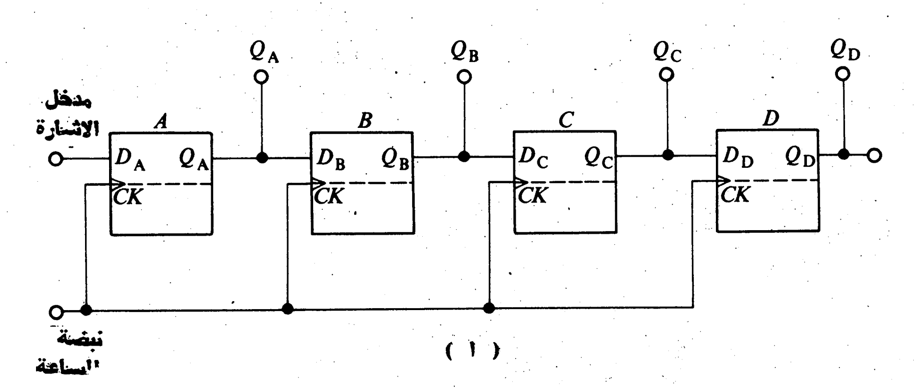


شكل ٨ – ٣ توصيلة مسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

قم مرة أخرى بتوصيل مدخل الساعة وضع الإشارة على القيمة المنطقية « 1 » . لاحظ محتويات الدوائر القلابة عند انتقال إشارة الساعة من « 1 » إلى « 0 » وتأكد من تلاشى محتويات المسجل فى نفس اللحظة التى تم فيها انتقال إشارة الساعة من « 1 » إلى « 0 » .

٨ — ٣ مسجل الازاحة

يمكن تحويل مسجل التخزين البسيط إلى مخزن إزاحة بإدخال خرج كل دائرة قلابة كإشارة داخلة إلى الدائرة القلابة التالية . يبين شكل ٨ — ٤ (أ) مسجل إزاحة — لليمين باستخدام دوائر قلابة من نوع D .



(أ)

Clock	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	0	0	0	0

(ب)

شكل ٨ — ٤ مسجل إزاحة لليمين (أ) الشبكة المنطقية (ب) جدول الحقيقة .

لو أردنا نقل « 1 » خلال مسجل الإزاحة بحيث ينتقل لدائرة قلابة جديدة عند كل نبضة من نبضات الساعة فيجب أولا وضع الإشارة « 1 » على المدخل D_A فى نفس وقت نبضة الساعة الأولى. عند انتهاء نبضة الساعة الأولى تصبح قيمة Q_A « 1 » ويجب الآن إبقاء المدخل D_A فى الحالة « 0 » فى باقى العملية . تنتقل الإشارة المخزنة فى Q_A خلال مسجل الإزاحة لليمين عند كل نبضة ساعة كما هو مبين فى شكل ٨ — ٤ (ب)

شكل ٨ — ٥ توصيلة مسجل إزاحة لليمين .

تمرين عملى ٨ ب :

مسجل إزاحة لليمين

قم بتوصيل مسجل الإزاحة المبين فى شكل ٨ – ٤ (أ) و ٨ – ٥ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 (بوابات قلابة من نوع D) .

اضبط تردد النبضات رقم 555 إلى أصغر تردد ممكن ووصل إشارة الساعة على المدخل المناسب . اضبط الإشارة الداخلة على المسجل للقيمة « 1 » ولاحظ حالة الدائرة القلابة الأولى Q_A وكونها أصبحت « 1 » بعد أول نبضة ساعة . الآن اضبط الإشارة الداخلة إلى « 0 » ولاحظ عمل المسجل وكيفية انتقال الإشارة « 1 » إلى يمين المسجل بحيث تنتقل إلى دائرة قلابة جديدة عند كل نبضة ساعة . لاحظ أن المسجل يصبح فارغاً بعد أربع نبضات للساعة .

٨ – ٤ التحكم فى بيانات فى مسجلات الازاحة

يلاحظ أن البيانات يمكن تغذيتها إما بالتوازى أو بالتوالى فى مسجلات التخزين أو فى مسجلات الإزاحة وذلك تبعاً لتوصيله المسجل . بالمثل يمكننا الحصول على البيانات من المسجلات أو مسجلات الإزاحة إما بقراءة الإشارات الخارجة على التوازى أو على التوالى بإزاحة الإشارة خلال الدوائر القلابة .

إذا لم تحتو الدوائر القلابة المستعملة فى المسجل على أطراف لضبط حالتها الأولى على « 1 » أو « 0 » مباشرة فيمكننا استخدام الدائرة الموضحة فى شكل ٨ – ٦ للتغلب على هذه الظاهرة .

فى هذه الدائرة ، نلاحظ أنه عندما يكون طرف ممكن إدخال البيانات فى الحالة « 1 » تكون الإشارات الموجودة على مداخل الدوائر القلابة D هى نفسها الإشارات المطلوب تخزينها وعند ظهور نبضة الساعة تتم عملية التخزين فى المسجل . أما إذا كان طرف ممكن الإدخال فى الحالة « 0 » تكون الإشارات الداخلة لكل دائرة قلابة هى نفسها الإشارة الخارجة من الدائرة القلابة السابقة لها فى الترتيب .

يبين شكل ٨ – ٧ مسجل إزاحة له مداخل إدخال على التوازى وهو مزود بأطراف لوضعه فى الحالة « 0 » (preclear) أو الحالة « 1 » (preset) .

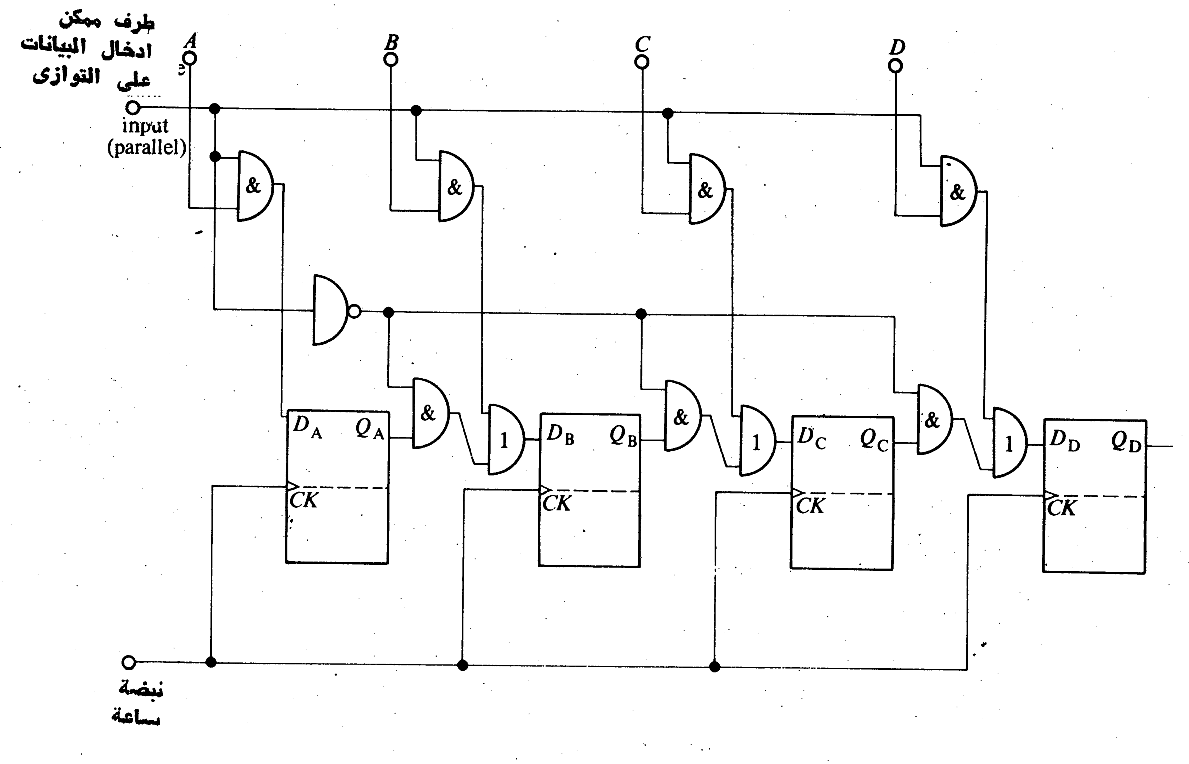
من السهل ملاحظة أنه يمكن إخراج بيانات المسجلات المرسومة فى شكل ٨ – ٦ و ٨ – ٧ بقراءتها على التوازى من الخرج Q للدائرة القلابة . بالإضافة إلى ذلك يمكن نقل البيانات نقلة واحدة إلى اليمين مع كل نبضة ساعة .

يمكننا أيضاً استخدام النظام المرسوم فى شكل ٨ – ٧ كمسجل إزاحة لإدخال البيانات على التوالى وإخراجها على التوالى (SISO) إذا تمت تغذية المدخل D_A بالإشارات الداخلة على التوالى وتمت قراءة إشارة الخرج عند Q_D على التوالى أيضاً .

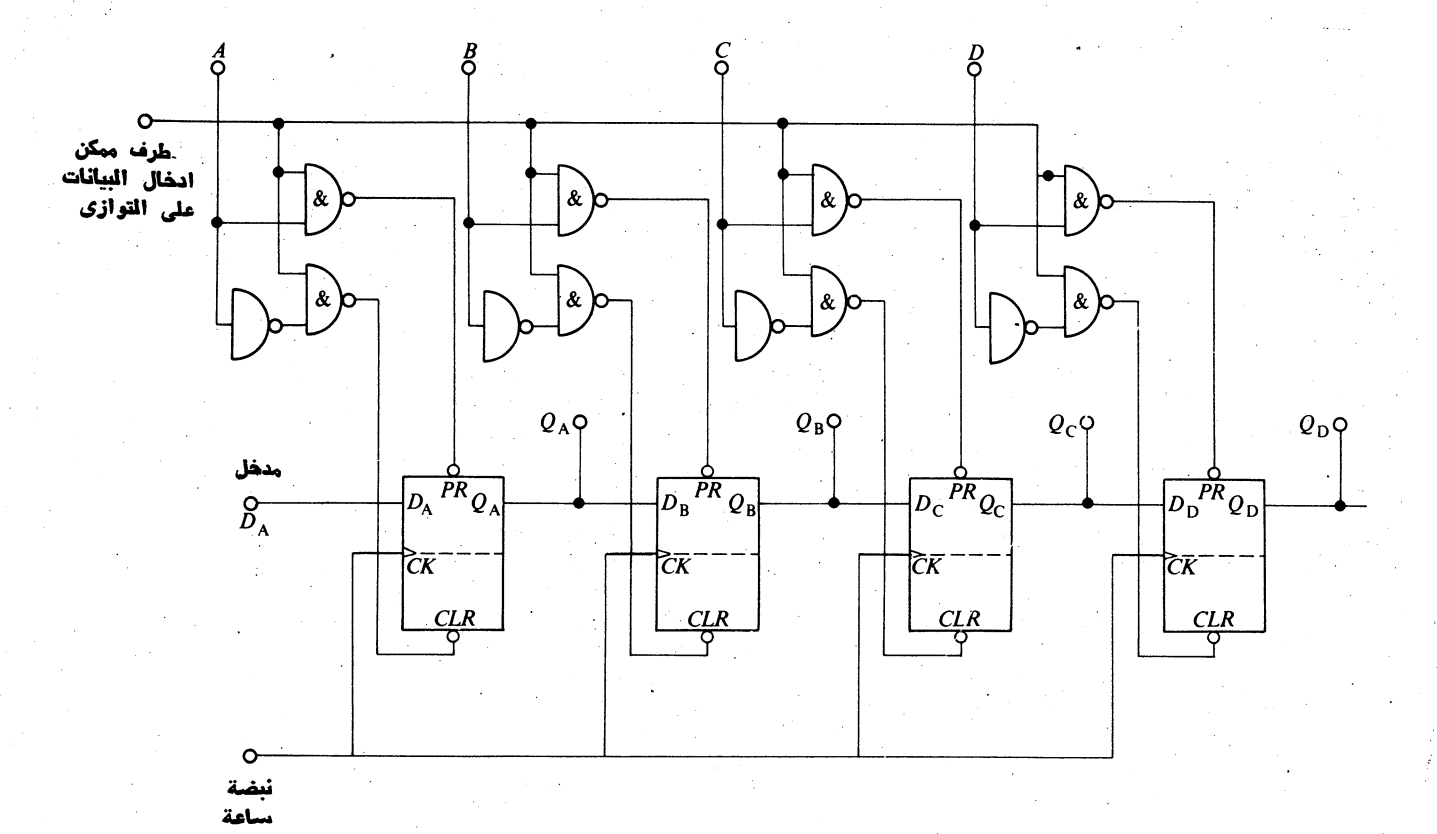
مثال عملى ٨ جـ :

مسجل الإزاحة ذو الأربعة أرقام الثنائية والإشارات الداخلة / الخارجة على التوازى

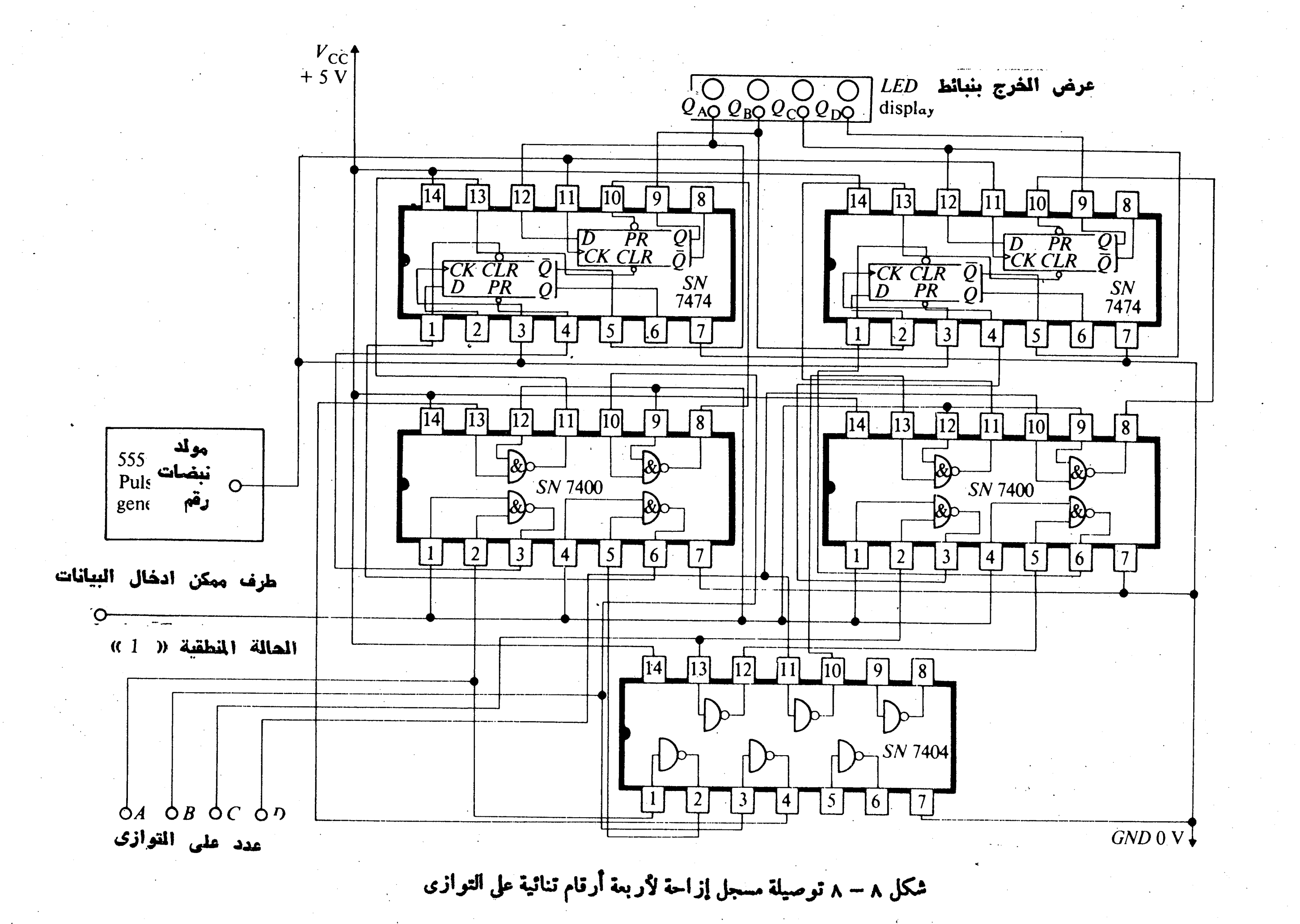
قم بتوصيل مسجل الإزاحة ودائرة التحكم المبينة فى شكل ٨ – ٧ و ٨ – ٨ وذلك باستخدام اثنتين من الدائرة المتكاملة رقم SN 7474 والتى بها دوائر قلابة من نوع D واثنتين من SN 7400 وبها بوابات نفى «و» (NAND) و $^2/_3$ دائرة من نوع SN7404 « للنفى » .



شكل ٨ – ٦ دائرة إدخال وتحكم على التوازى



شكل ٨ — ٧ إدخال البيانات على التوازى والتحكم فى مسجل الإزاحة .



شكل ٨ – ٨ توصيلة مسجل إزاحة لأربعة أرقام ثنائية على التوازى

وصل الإشارات الموصلة على التوازى على المداخل D, C, B, A فى نفس الوقت قم بتوصيل طرف ممكن إدخال البيانات على التوازى إلى القيمة المنطقية « 1 » ولاحظ الرقم المبين فى الخرج Q_A وQ_B وQ_C وQ_D بواسطة نبيطة البيان (LED) . ضع الإشارة المنطقية « 0 » على طرف ممكن الإدخال على التوازى ، واختبر محتويات مسجل الإزاحة وتأكد أن البيانات قد أزيحت للخارج فى نفس الوقت التى تصل فيه نبضة ساعة .

٨ ــ ٥ مسجل الازاحة القابل للعكس

لقد درسنا حتى الآن مسجلات إزاحة ، يمكن إزاحة البيانات فيها لليمين ولكن بعض التطبيقات تتطلب مسجلات يمكن إزاحة البيانات فيها لليمين أو إلى اليسار ويمكن تحقيق هذا المطلب باستخدام دائرة التحكم المنطقية المبينة فى شكل ٨ – ٩ .

يبين شكل ٨ – ١٠ الشبكة المنطقية لمسجل إزاحة يسمح بدخل البيانات وخروجها على التوازى .

يبين شكل ٨ – ١٠ الشبكة المنطقية لمسجل إزاحة ذو أربعة أرقام ثنائية يمكن عكس اتجاه الإزاحة فيه ويقبل دخول وخروج البيانات على التوازى (PIPO) كما يقبل دخول وخروج البيانات على التوالى (SISO) ونستطيع تكوين هذه التوصيلة من اثنتين من الدائرة المتكاملة SN 7474 (دوائر قلابة من نوع D المزدوجة) واثنتين من الدائرة المتكاملة SN 7400 (بوابات نى « و » (NAND) ولكل بوابه مدخلان) واثنين من الدائرة المتكاملة SN 7450 (بوابات « و » (AND) وبوابات « أو » (OR) وبوابات « نى » (و $1^1/_6$ من الدائرةالمتكاملة SN 7404 (ستة بوابات نى) .

فى المسجل المبين فى شكل ٨ – ١٠ تسلط إشارة تمثل عدداً من أربعة أرقام ثنائية على مداخل البيانات على التوازى (*PARALEL DATA IN*) . وعند وضع إشارة « 1 » على خط تحميل البيانات (*DATA LOAD*) يتم تخزين العدد فى المسجل ويمكن الآن تسليط الإشارات المنطقية على خط التحكم (*SHIFT CONTROL*) لإزاحة العدد يميناً أو يساراً عند وصول نبضات الساعة .

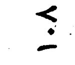
يمكن أيضاً التغذية بالعدد ذى الأربعة الأرقام الثنائية على التوالى بوضعها على مدخل بيانات التوالى *SERIAL INPUT*) والإزاحة لليسار (*SHIFT LEFT*) أو وضعها على مدخل بيانات التوالى *SERIAL INPUT* والإزاحة لليمين (*SHIFT RIGHT*) . وتتم عملية الإزاحة فى المسجل فى هذه الحالة أيضاً عند وصول نبضات الساعة .

تمرين عمل ٨ د :

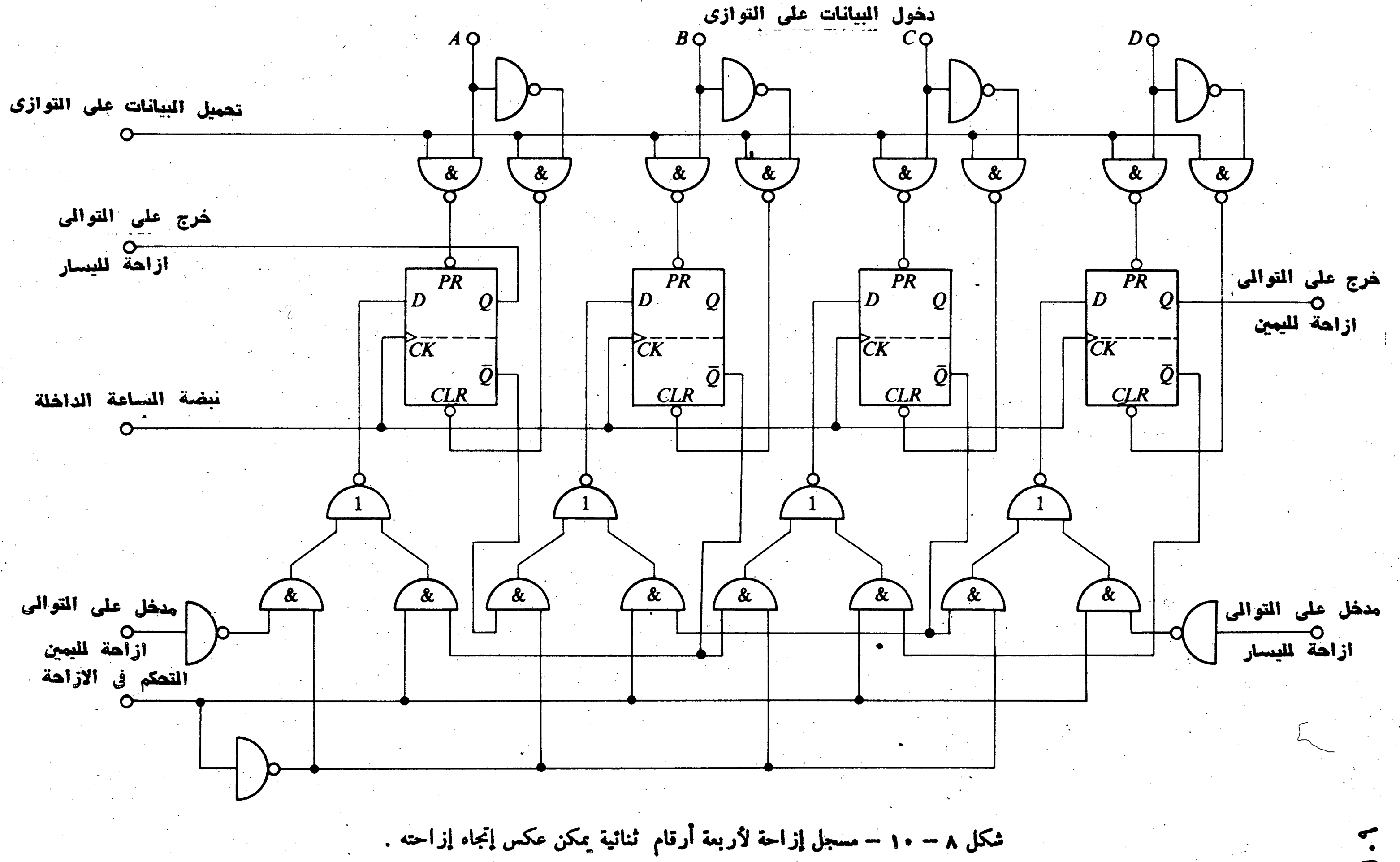
محول التوازى / التــوالى لأربعــة أرقام ثنائية

قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٨ – ١١ باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7495 (مسجل إزاحة لأربعة أرقام ثنائية (PIPO) و دائرة رقم SN 7420 (بوابات نى « و » (NAND) لكل منها أربعة مداخل) و دائرة رقم SN 7400 (بوابات نى « و » (NAND) لكل منها مدخلان) .

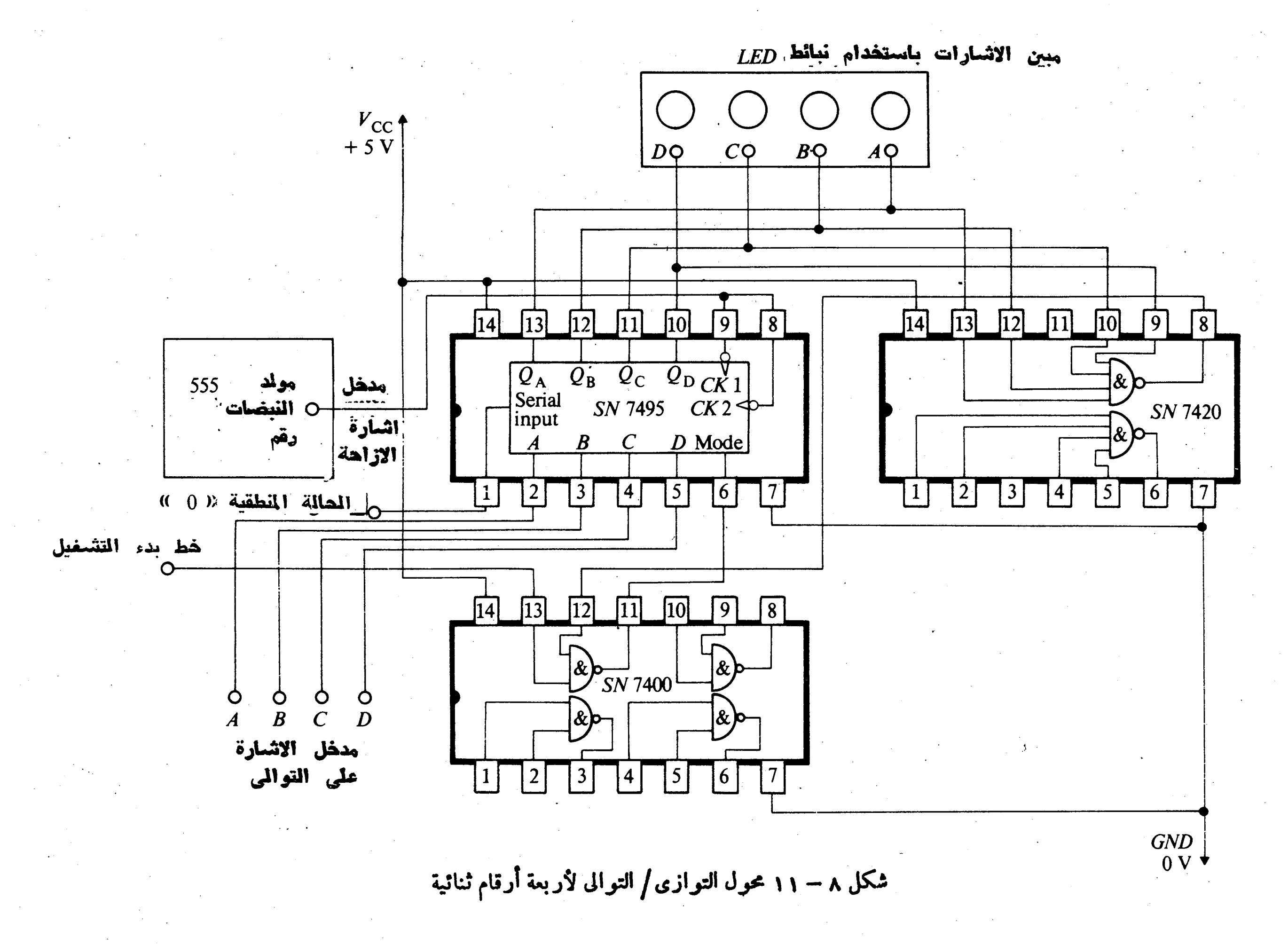
قم بتوصيل العدد الثنائى المطلوب تخزينه على أطراف الإدخال على التوازى (*PARALLEL INPUT*) والإشارة « 0 » على خط بدء التشغيل (*INIIAL INPUT*) لتخزين العدد الثنائى فى المسجل .



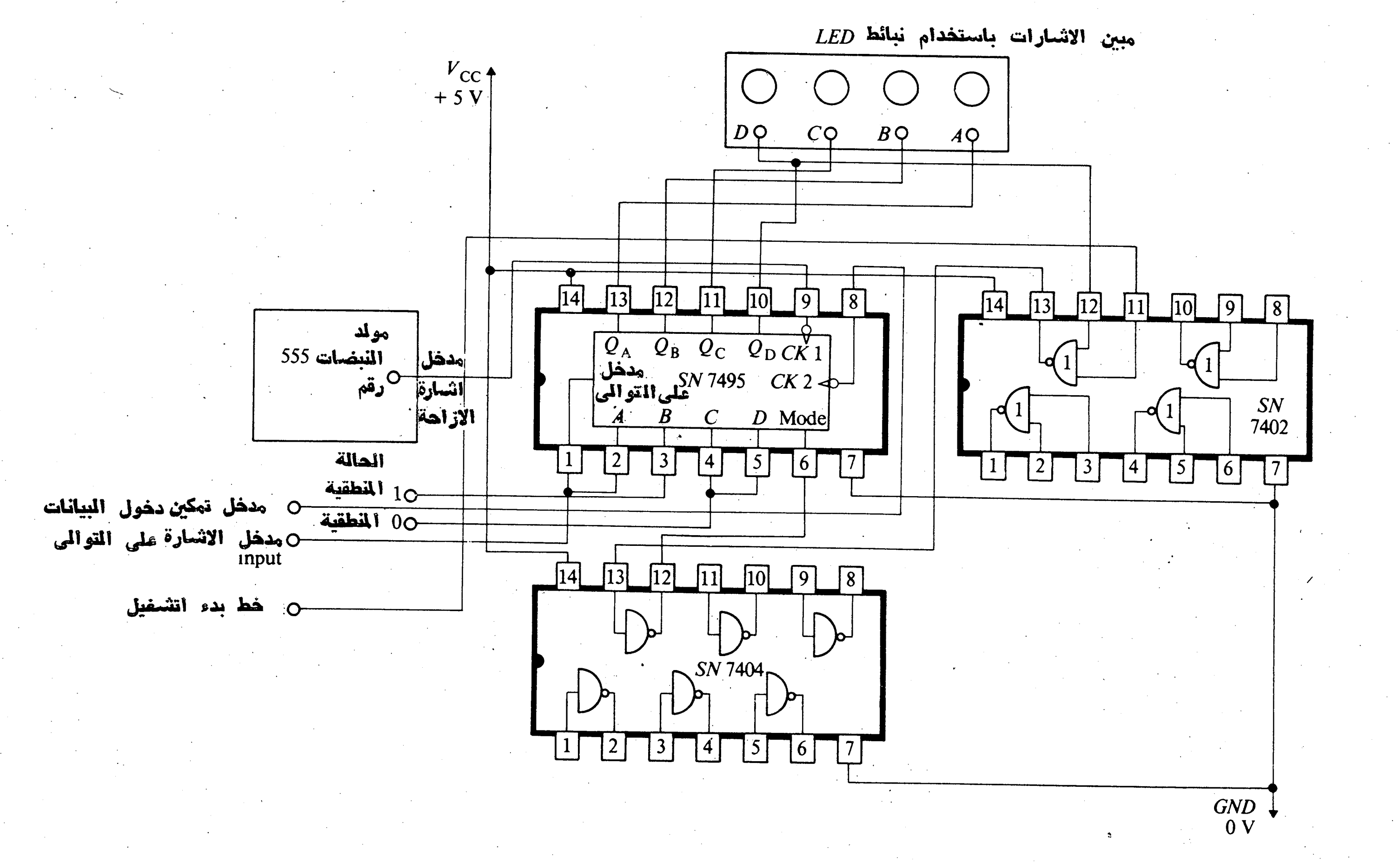
شكل ٨ — ٩ — مسجل إزاحة يمكن عكس اتجاه إزاحته (SISO)



شكل ٨ – ١٠ – مسجل إزاحة لأربعة أرقام ثنائية يمكن عكس إتجاه إزاحته .



شكل ٨ – ١١ محول التوازى / التوالى لأربعة أرقام ثنائية



شكل ٨ – ١٢ محول التوالى/ التوازى لأربعة أرقام ثنائية

وصل الآن نبضات الساعة على خط الإزاحة (*ENTER SHIFT INPUT*) وراقب خروج العدد على التوالى من خرج التوالى (*Serial* output) وراقب فى نفس الوقت العدد المخزن فى المسجل على التوازى . لاحظ أنه بعد مرور أربع نبضات للساعة تخزج كل الأرقام الثنائية المخزنة فى المسجل .

تمرين عملى ٨ هـ :

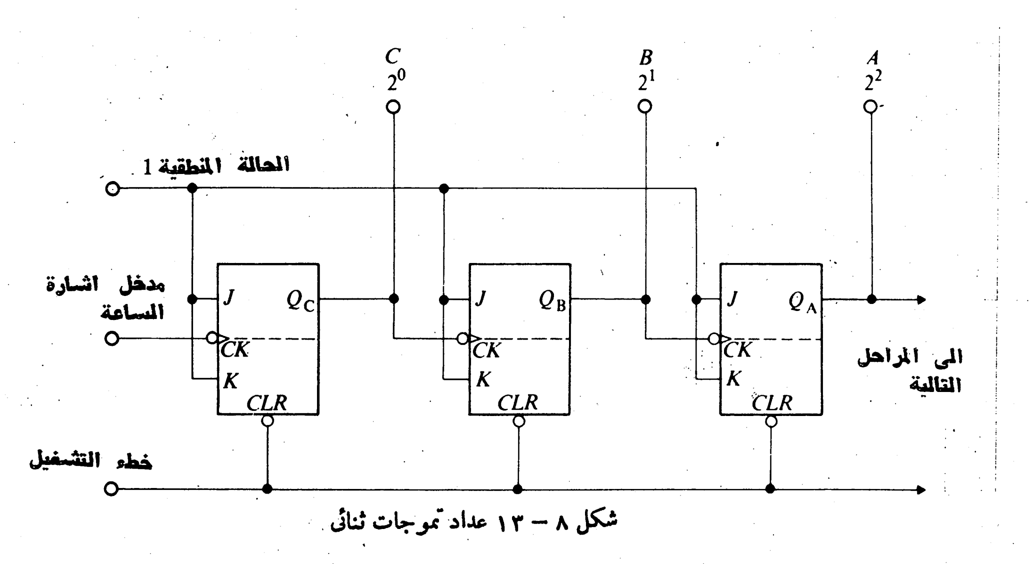
محول التوالى / التـــوازى لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل محول التوازى / التوالى المبين فى شكل ٨ — ١٢ وذلك باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7495 (مسجل إزاحة لأربع وحدات ثنائية PIPO) . و $^1/_4$ دائرة رقم SN 7402 (بوابة نى « أو » (NOR) و $^1/_4$ دائرة رقم SN7404 (ست بوابات « نى ») .

سلط إشارة منطقية « 1 » على الطرف (مدخل تمكين دخول البيانات) (*ENTER*) والأرقام الأربعة الثنائية على التوالى على خط دخول الإشارة على التوالى (*SERIAL INPUT*) مع توصيل نبضات الساعة إلى مدخل الازاحة (*SNHIFT*) . راقب خطوط خروج الإشارة على التوازى .

٨ — ٦ العدادات غير المزامنة (عداد تموجات)

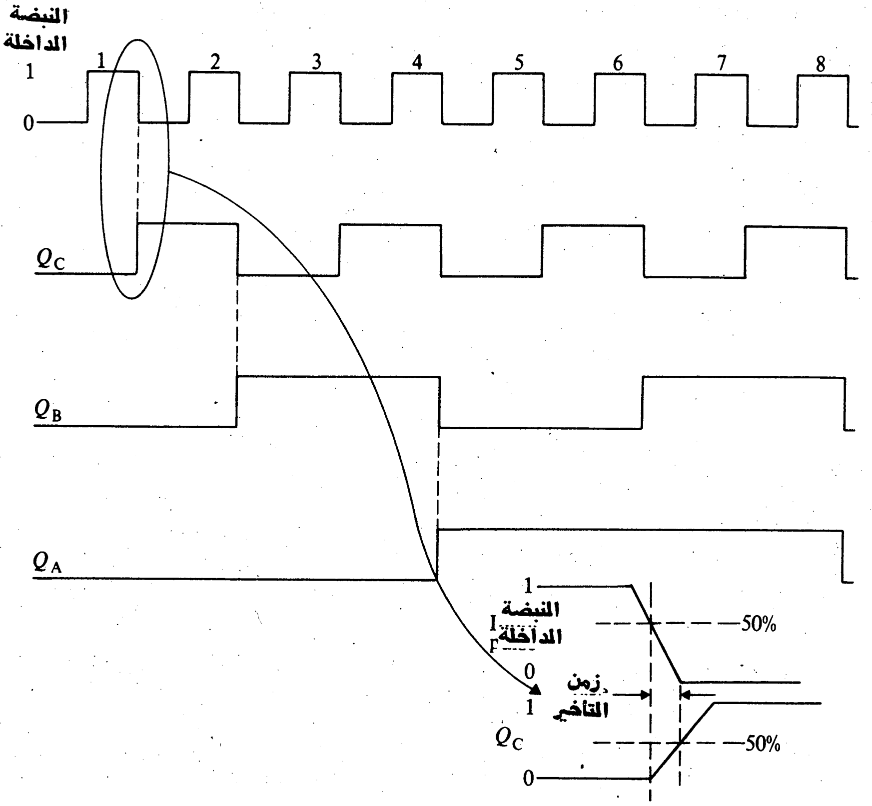
العداد غير المتزامن ، أو عداد التوالى ، عبارة عن نظام منطقى متسلسل فيه تدخل النبضات عند أحد أطراف العداد وتتم عملية جمع كل نبضة قبل انتقال الرقم الثنائى المحول للمرحلة التالية للعد . تقوم المرحلة التالية بعد ذلك بجمع الرقم الثنائى المحول إلى العدد فى هذه المرحلة . وعلى ذلك يظهر الرقم الثنائى المحول وكأنه تموج خلال (*ripple through*) العداد حتى يتم إحصاء كل النبضات . وأكثر الطرق شيوعاً لتحقيق ذلك استعمال الدوائر القلابة من نوع J — K ، فى هذا النوع من العدادات بحيث تكون الإشارة الداخلة على J و K تساوى «1» طوال الوقت (بمعنى آخر تستعمل وكأنها دائرة قلابة من نوع T) إلا أنه يمكن أيضاً بناء هذا النوع من العدادات باستخدام الدوائر القلابة من نوع *D* كما هو مبين فى التمرين العملى (٨ و) ، يبين شكل ٨ — ١٣ توصيلة عداد نبضات بسيط باستخدام الدوائر القلابة J - K .



شكل ٨ — ١٣ عداد تموجات ثنائى

لنفترض الآن استخدام الدائرة القلابة من نوع التابع / المتبوع فإن كل دائرة قلابة ستتغير حالتها المنطقية عند الحد المتأخر للنبضة المسلطة على المدخل أى عند تغيير النبضة المؤثرة على مدخل الشبكة من الحالة المنطقية « 1 » إلى الحالة المنطقية « 0 » . ويبين شكل ٨ – ١٤ الشكل الموجى لخرج من كل دائرة قلابة والناتج عن مجموعة النبضات المتتالية الداخلة على العداد .

من الواضح أن العداد سوف يسجل الأعداد من 000_2 إلى 111_2 (أى سوف يعد من 0_{10} إلى 7_{10}) ثم يكرر العد ثانية بنفس الطريقة وذلك لأنه يحتوى على ثلاث دوائر قلابة فقط . ويمكن زيادة مدى العداد بزيادة عدد الدوائر القلابة المركبة فى العداد .



شكل ٨ – ١٤ الشكل الموجى لعداد التموجات الثنائى

٨ – ٧ عداد يمكن عكسه

يمكن تعديل توصيلة العداد الأساسى المستخدم فى عد النبضات على التوالى بحيث يمكن تحويله إلى عداد للنبضات فى كل من الاتجاهين وذلك باستخدام دائرة تحكم منطقية كما هو مبين فى الشكل ٨ – ١٥ .

تمرين عملى ٨ و :

عدد تموجات « على التوالى »

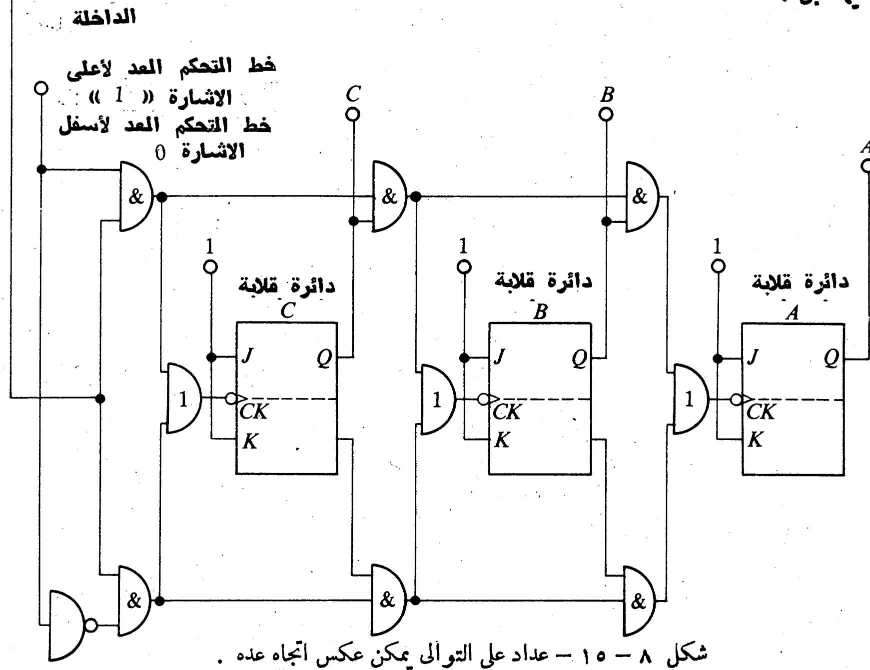
قم بتوصيل الشبكة المنطقية لعداد ثنائى للنبضات المبينة فى شكل ٨ – ١٦ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 والتى تحتوى على دوائر قلابة من نوع D المزدوج .

اضبط مولد النبضات رقم 555 على تردد مناسب ولاحظ العدد الثنائى المبين على نبائط LED .

وصل مبين الإشارات (نبائط LED) على المخارج $\bar{Q}$ بدلا من Q ولاحظ العدد المبين على نبائط LED وأن العدد المبين يتناقص بدلا من أن يتصاعد كما كان فى الحالة الأولى .

٨ ـــ ٨ فك الشفرة

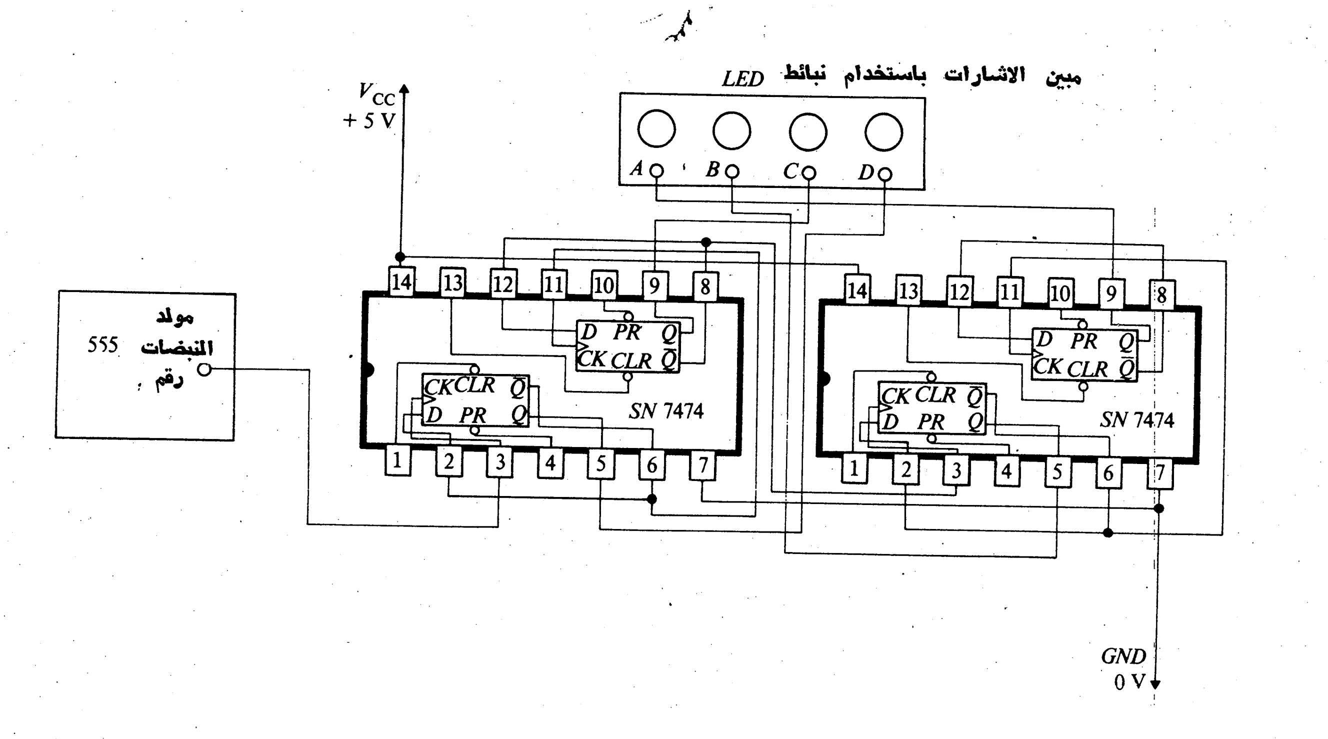
هناك تطبيقات عديدة للعدادات التى تكرر تسلسلات لاتنطبق مع الأساس 2 أى 4 ، 8 ، 16 . . . الخ والتى وصفناها فيما سبق .



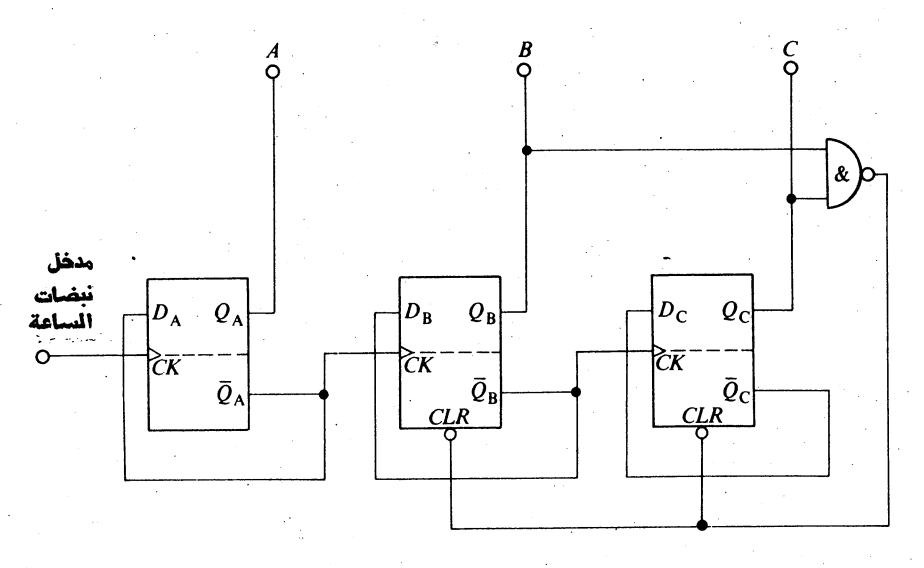
شكل ٨ – ١٥ – عداد على التوالى يمكن عكس اتجاه عده .

ويمكن التوصل إلى تحقيق ذلك بطريقة بسيطة باستخدام فاكك الشفرة (*logic decoder*) ويمكن عمل فاكك الشفرة باستخدام بوابة «و» (AND) لاكتشاف لحظة وصول العد لحد المطلوب ثم استخدام الإشارة الخارجة من بوابة «و» (AND) لوضع الدوائر القلابة للعداد فى الحالة المنطقية « 0 » (الحالة المبدئية) (RESET) أى يبدأ العد بطريقة طبيعية إلى الحد المطلوب وعند ذلك تظهر الإشارة على الدوائر القلابة بحيث تعود إلى الحالة « 0 » ثم تتكرر عملية العد من جديد .

فى بعض الدوائر القلابة من نوع TTL تلزم إشارة قيمتها « 0 » لوضع الدائرة القلابة فى الحالة « 0 » (RESET) or (CLEAR) وفى هذه الحالة يستخدم فاكك الشفرة بوابة نفى « و » (NAND) . فى مثل هذه النظم طالما بقى مدخل بادىء التشغيل فى الحالة المنطقية « 1 » فإن الدوائر القلابة تعمل بطريقة عادية . والشكل ٨ – ١٧ يبين دائرة بسيطة لنظام فك الشفرة يستخدم فيها بوابة نفى « و » (NAND) لها مدخلان لاكتشاف لحظة وصول كل من B و C للحالة المنطقية « 1 » وعند هذه اللحظة يؤثر خرج بوابة نفى« و » (NAND) بحيث تصبح الدوائر القلابة B و C فى الحالة « 0 » (RESET) ويلاحظ أن الحالة التى تم تحديدها تعقب وصول الدوائر القلابة إلى العد المطلوب ، وفى الحالة المبينة الحد الأقصى للعد هو 101_2 (5_{10}) .



شكل ٨ — ١٦ عداد تموجات بالنظام الثنائى لأربعة أرقام ثنائية



شكل ٨ — ١٧ دائرة فك شفرة

تمرين عملى ٨ ز :

عــداد كميــة

قم بتوصيل عداد التموجات (كما هو مستخدم فى التمرين العملى ٨ و) مع دائرة فك الشفرة المرسومة فى شكل٨–٨ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 (دوائر قلابة من نوع D المزدوج) و ١/٤ دائرة رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية ذات المدخلين) .

اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة ولاحظ العدد المبين على نبائط (LED) والحد الأقصى للعد .
صمم دوائر مختلفة لفك الشفرة لكميات مختلفة .

٨ — ٩ العدادات المتزامنة

يتم التحكم فى تسلسل العدد عن طريق نبضات ساعة تصل فى نفس اللحظة لجميع الدوائر القلابة للعداد وبذلك تحدث التغيرات المطلوبة فى جميع الدوائر القلابة فى تزامن كامل . بهذه الطريقة نستطيع التخلص من التأخير الناشىء عن انتقال النبضات فى عداد التموجات .

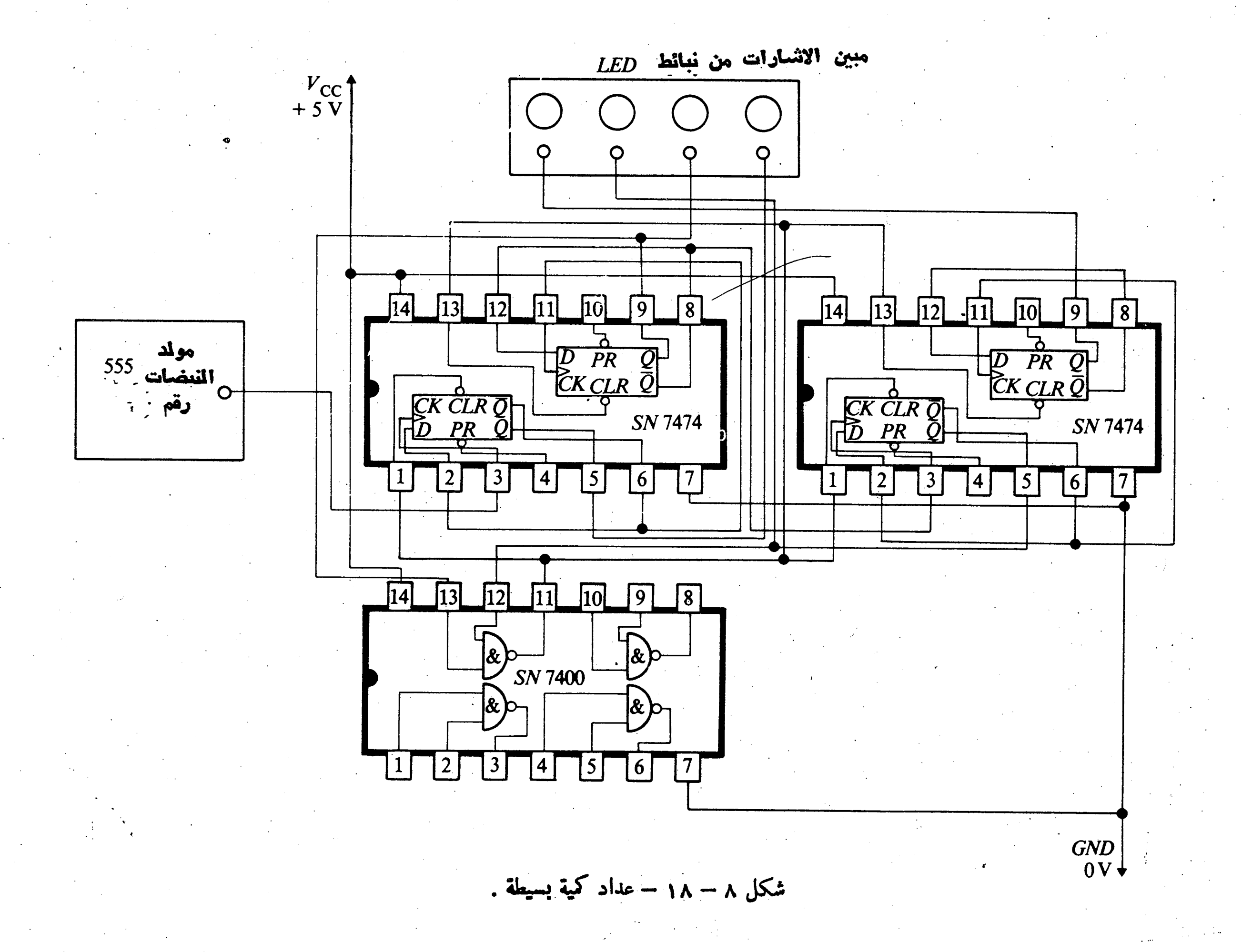
يبين شكل ٨ — ١٩ الشبكة المنطقية لعداد متزامن للنظام الثنائى .

تمرين عملى ٨ ح :

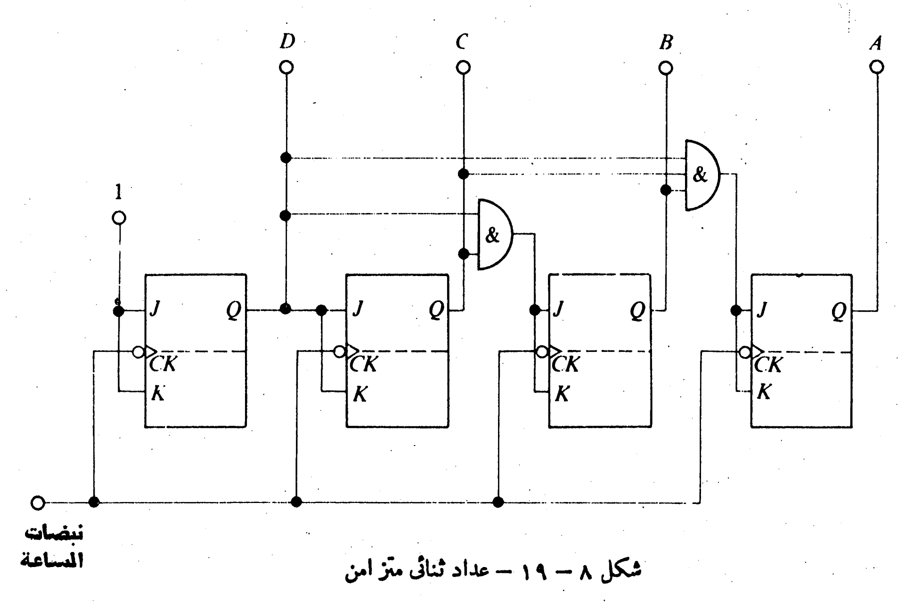
العــداد العشــرى

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٨ — ٢٠ باستخدام الدوائر المتكاملة رقم SN 7490 (عداد عشرى) ورقم SN 7447A BCD (دائرة فك شفرة لسبعة أقسام) ودائرة مبين إشارات باستخدام نبائط LED لها سبعة أقسام .

اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة وراقب مبين الإشارات LED .



شكل ٨ – ١٨ – عداد كمية بسيطة .



شكل ٨ – ١٩ – عداد ثنائى متزامن

لاحظ أثر تغيير الإشارة المسلطة على الطرف R_0 (RESET to 0) إلى القيمة المنطقية «1» ثم مرة أخرى إلى «0»
قم بتعديل هذا العداد إلى عداد كمية (كميات من 5) بتوصيل Q_B و Q_C إلى دائرة نفى « و » (NAND) .
ثم إمرار خرج البوابة نفى « و » (NAND) خلال بوابة « نفى » (NOT) وتوصيلها إلى الطرف R_0 فى الدائرة المتكاملة SN 7490 . وصل طرف منع التموجات (رقم 5 فى الدائرة SN 7474 A) إلى الأرض (GND)
ولاحظ عند تشغيل مولد النبضات ظهور الأعداد ١،٢،٣،٤،٥ على مبين الإشارات LED .

تمرين عملى ٨ ط :

عـــداد عشرى مع سقاطة

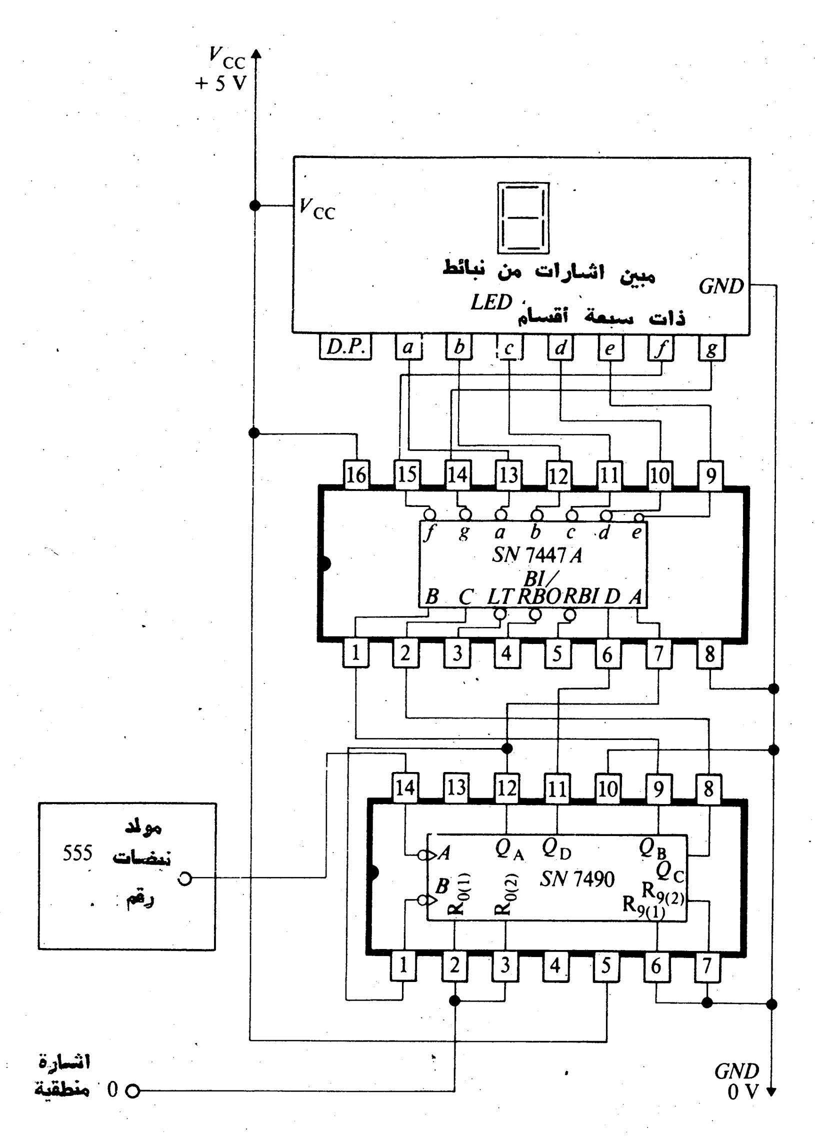
قم بتوصيل شبكة العداد العشرى مع السقاطة الرباعية المرسومة فى شكل ٨ – ٢١ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7490 (عداد عشرى) ورقم SN 7475 (سقاطة رباعية) ورقم SN 7447A BCD (دائرة فك الشفرة الثنائية بالنظام العشرى (BCD) ودائرة مبين إشارات من نبائط LED ذات سبعة أقسام) .

اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة وراقب مبين الإشارات LED .

اضبط إشارة السقاطة *LATCH* إلى القيمة المنطقية « 0 » ولاحظ أن مبين الإشارات سيحتفظ بقيمته بينما يستمر العداد فى العد ، اضبط إشارة السقاطة *LATCH* إلى القيمة المنطقية « 1 » ولاحظ كيف يقفز مبين الإشارات (LED) إلى القيمة التى وصل لها العداد (خلال الفترة التى كان فيها مبين الإشارات ممسكاً) .

٨ – ١٠ نظـــام الترقيم الثنـــائى بالشفرة العشرية (BCD)

يعتبر النظام الثنائى من أبسط وأنسب الأنظمة العددية لحاسبات الرقية ورغم ذلك فإن النظام العشرى هو الأكثر انتشاراً فى عالم اليوم . لذلك يجب أن يكون هناك نظام بسيط للتحويل بين النظامين الثنائى والعشرى . وتعتبر الطريقة التقليدية والتى تستخدم فيها أرقام مرفوعة للقوة ٢ طريقة عقيمة وإن كان من الممكن برمجة الحاسب لتنفيذها إلا أن المبرمجين يرون أن عملية التحويل بين النظامين العشرى والثنائى عملية تستغرق وقتاً طويلا .

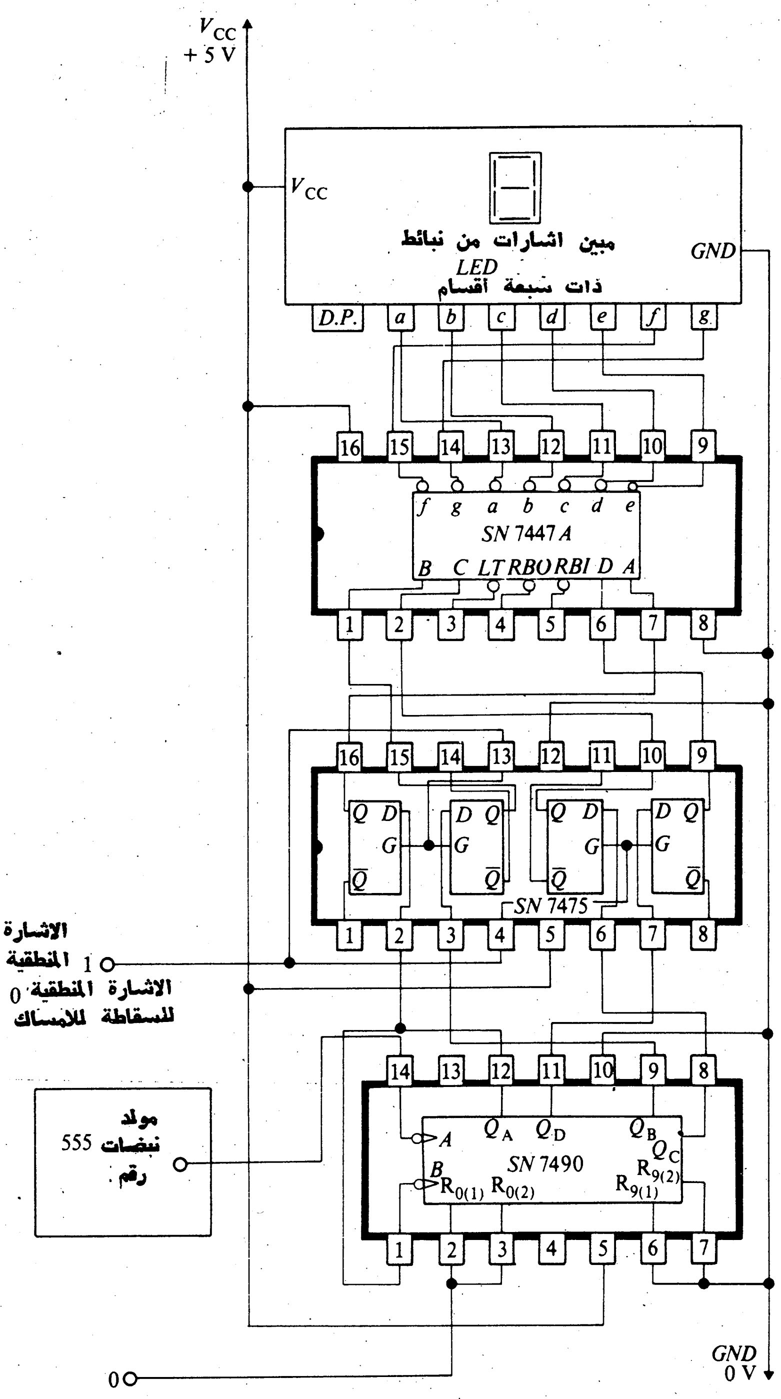


شكل ٨ — ٢٠ — العداد العشرى

يمثل النظام الثمانى طريقة مختصرة لكتابة الأرقام بالأساس الثنائى إلا أنها غير مفيدة أيضاً فى عملية التحويل إلى النظام العشرى .

وللتغلب على هذه المشاكل تم استنباط عدة شفرات ثنائية لاستخدامها فى ترجمة كل رقم عشرى منفصلا إلى شفرة ثنائية مكونة من أربعة أرقام ثنائية وبالعكس . ويبين شكل ٨ — ٢٢ جدولا لبعض هذه الأنظمة .

يلاحظ أنه بعد العد لرقم 9_{10} تتغير قيمة BCD (أو الأوزان) بمعامل مكافىء لعشرة .



شكل ٨ – ٢١ عداد عشرى بسقاطة (LATCH)

النظام العشرى	بزيادة ٣ (XS-3)	8421 BCD	2421 BCD	7421 BCD
0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
3	0 1 1 0	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
4	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0
5	1 0 0 0	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
6	1 0 0 1	0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0
7	1 0 1 0	0 1 1 1	0 1 1 1	1 0 0 0
8	1 0 1 1	1 0 0 0	1 1 1 0	1 0 0 1
9	1 1 0 0	1 0 0 1	1 1 1 1	1 0 1 0

شكل ٨ – ٢٢ النظم الثنائية بالشفرة العشرية (BCD)

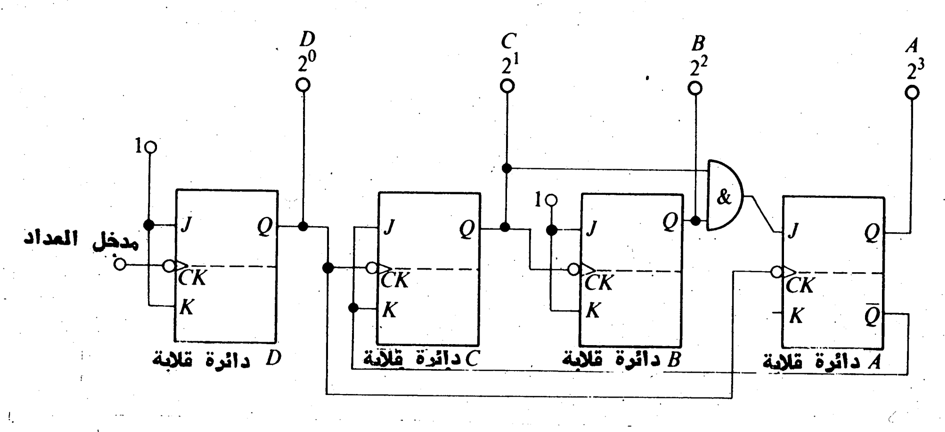
مثـال (٨ – ١) :

يمكن تمثيل العدد 79_{10} باستخدام النظام الثنائى بالشفرة العشرية 8421 BCD بـ 1001 0111 وعلى ذلك :

80	40	20	10	8	4	2	1
0	1	1	1	1	0	0	1

٨ – ١١ عداد ثنائى بالشفرة العشرية 8421 BCD

يبين شكل ٨ – ٢٣ الشبكة المنطقية لعداد تموجات يعد لأعلى بالنظام الثنائى بالشفرة العشرية 8421 BCD . ويتبع العداد الجدول أعلاه فى تسلسل الأعداد المبينة .

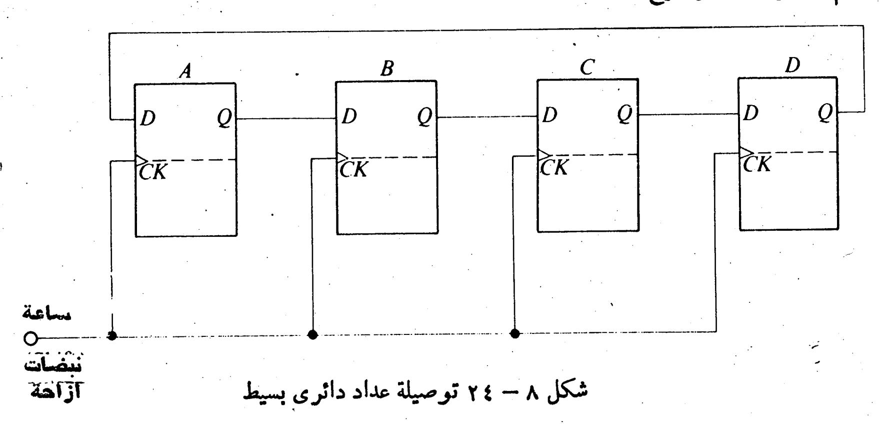


شكل ٨ – ٢٣ – عداد تموجات للنظام الثنائى بالشفرة العشرية 8421 BCD .

الدائرتان القلابيتان B و D تعملان كدائرتين قلابتين بسيطتين من نوع T . عند البداية تكون جميع الدوائر القلابية فى الحالة «0» ويكون الخرج $\bar{Q}_A$ فى الحالة « 1 » وتتصل بالراجع بالدائرة القلابة C والتى تعمل مبدئياً كدائرة من النوع T أيضاً ، وتحت هذه الظروف يكون خرج بوابة « و » (AND) فى الحالة المنطقية «0» وبذلك لا تتغير حالة الدائرة القلابة A . وعلى ذلك تعمل الدوائر القلابة D و C و B كدوائر معتادة من النوع T وتعد بالتسلسل الثنائى المعتاد لأعلى للنبضات السبع الأولى . بعد النبضة السابعة يصبح خرج بوابة « و » (AND) له القيمة المنطقية « 1 » ولما كانت Q_D أيضاً فى الحالة المنطقية « 1 » فإن ذلك يسبب تغيير الحالة المنطقية للدائرة القلابة A عند النبضة الثامنة إلى الحالة المنطقية « 1 » وتتغير الحالة المنطقية لكل من Q_B و Q_C و Q_D إلى الحالة المنطقية « 0 » وبمجرد أن تصبح Q_A لها القيمة المنطقية « 1 » فإن $\bar{Q}_A$ تكون لها القيمة المنطقية «0» فى الحالة بحيث تتوقف الدائرتان القلابيتان C و B عن العمل . والنبضة التاسعة تجعل Q_D فى الحالة المنطقية «1» والنبضة العاشرة تجعل Q_D فى الحالة المنطقية «0» وفى نفس الوقت تسلط إشارة منطقية «0» إلى مدخل الساعة فى الدائرة القلابة Q_A وبالتالى يتغير Q_A إلى احالة المنطقية «0» .

٨ — ١٢ العداد الدائرى

العداد الدائرى هو أساساً مسجل إزاحة يتصل فيه خرج آخر دائرة قلابة بمدخل المسجل كما هو مبين فى شكل٨—٢٤ والذى يستخدم دوائر قلابة من نوع D .



شكل ٨ — ٢٤ توصيلة عداد دائرى بسيط

إذا كانت جميع الحالات Q للدوائر القلابة فى الحالة المنطقية «0» وحملت الدائرة القلابة A بالقيمة المنطقية «1» فإنه عند أول نبضة للساعة تنتقل محتويات كل دائرة قلابة خطوة واحدة لليمين . بذلك تظهر القيمة المنطقية «1» المخزنة فى A فى الدائرة القلابة B والقيمة المنطقية «0» المخزنة فى D تغذى عكسياً إلى الدائرة القلابةA . بذلك تدور القيمة « 1 » فى مسجل الإزاحة دائرياً بحيث تنتقل خلال دائرة قلابة واحدة عند كل نبضة من نبضات الساعة .

ومن السهل فك شفرة العداد الدائرى ، فمثلا ، كما يتضح عاليه ، عندما تكون Q_A لها القيمة المنطقية «1» فالعد يكون صفراً ، وعندما تكون Q_B لها القيمة المنطقية «1» يكون العد واحداً وعندما تكون Q_C لها القيمة المنطقية «1» يكون العد اثنين . . . . الخ . وعلى ذلك يكون من الواضح أن طول دورة العداد الدائرى للشفرة المولدة هو أربعة للعداد المرسوم عاليه فى شكل ٨ — ٢٤ ، ومن ثم يحتاج العداد الدائرى العشرى إلى عشر دوائر قلابة . ومن ثم فإن العداد الدائرى العادى غير اقتصادى فى استخدام الدوائر القلابة .

ويمكن مضاعفة طول الدورة للعداد الدائرى بالتغذية العكسية لخرج من $\bar{Q}_D$ (بدلا من Q_D) ويطلق عليه فى هذه الحالة العداد الدائرى الملتوى . إلا أنه أصعب بكثير فك شفرة العداد كما هو مبين فى جدول الحقيقة (شكل ٨ — ٢٥) بافتراض جميع الحالات Q للدوائر القلابة عند البدء فى الحالة المنطقية «0» .

النظام العشرى	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1
5	0	1	1	1
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1

كرر العد

شكل ٨ — ٢٥ جدول الحقيقة لعداد دائرى ملتو

وللتأكد عند البداية أن جميع الدوائر القلابة فى الحالة المطلوبة يمكن استخدام الدائرة المنطقية المبينة فى الشكل ٨ — ٢٦ والتى تغذى مدخل الدائرة القلابة A بالقيمة المنطقية «1» عندما تكون الحالات Q لجميع الدوائر القلابة فى القيمة المنطقية «0» .

تمرين عملى ٨ ى :

عداد دائـــرى ذو أربع مراحل

قم بتوصيل الدائرة المرسومة فى شكل ٨ — ٢٧ والتى تمثل عداداً دائرياً ذا دورة زوجية الطول باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN7474 (دوائر قلابة من نوع D المزدوج) $\frac{1}{2}$ دائرة رقم SN 7420 (بوابات نفى « و » (NAND) لكل بوابة أربعة مداخل) $^1/_6$ دائرة رقم SN7404 (ستة بوابات نفى (NOT)) .

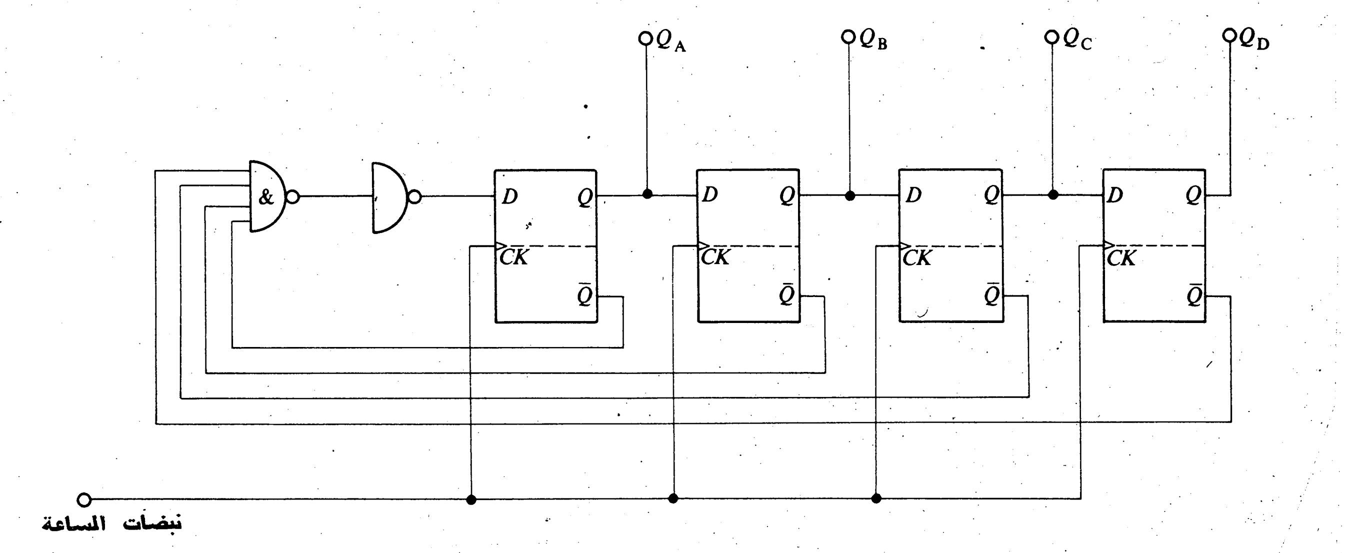
قم بتوصيل نبضات الساعة للعداد ولاحظ الحالة المنطقية للمخارج Q للدوائر القلابة باستخدام نبائط LED. استنتج جدول الحقيقة خلال دورة كاملة للعداد .

تمرين عملى ٨ ك :

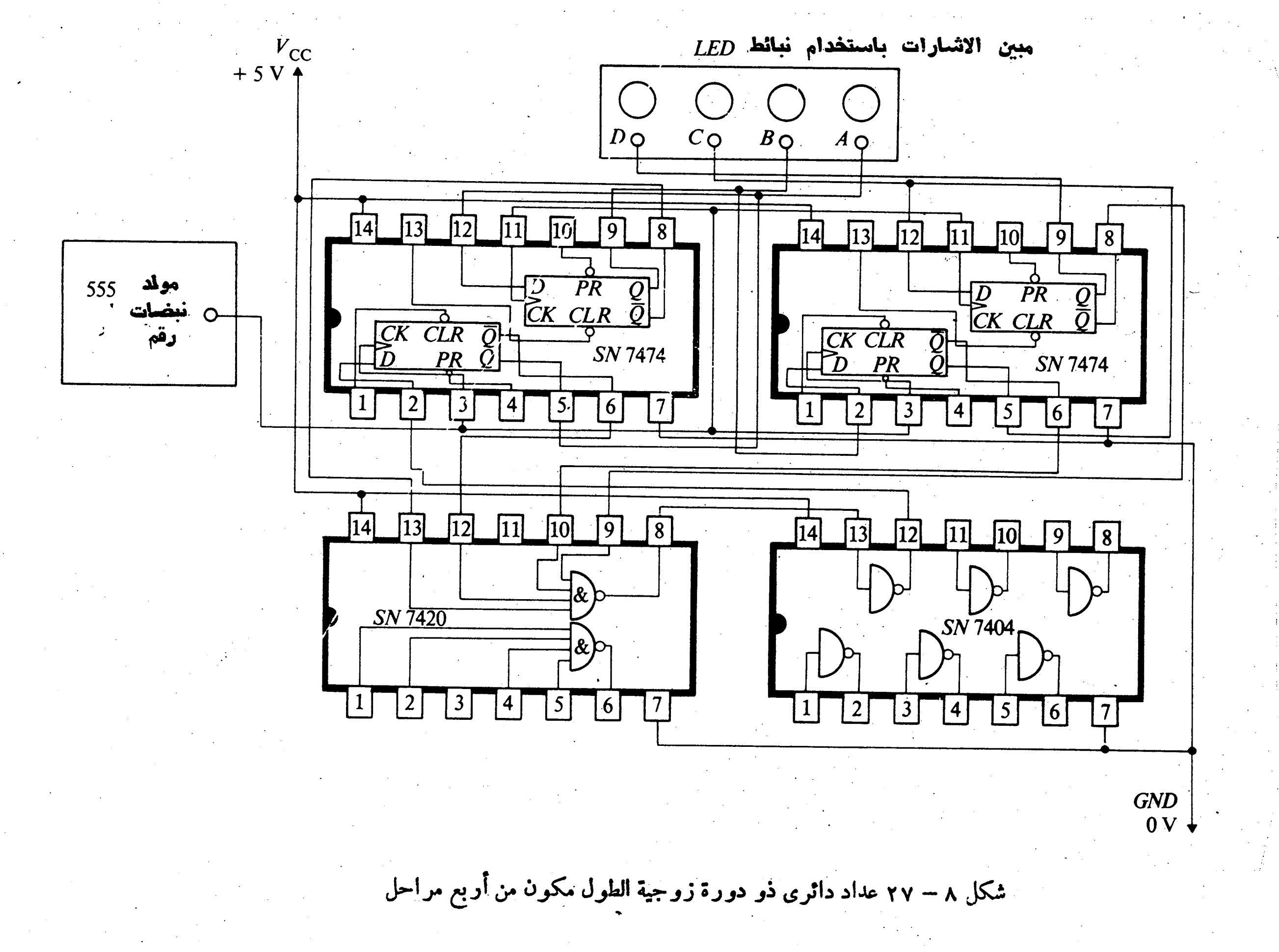
عداد جونسون (عداد دائرى ملتو) ذو دورة زوجية الطول

قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٨ — ٢٨ والتى تمثل عداد جونسون ذا دورة زوجية الطول والذى يتكون من ست مراحل باستخدام ثلاثة من الدوائر المتكاملة رقم SN 7404 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J — K) و $\frac{1}{2}$ دائرة رقم N 7510 (بوابة نفى « و » NAND) ذات ثلاثة مداخل) و $^1/_6$ دائرة رقم SN 7404 (ست بوابات نفى (NOT)) .

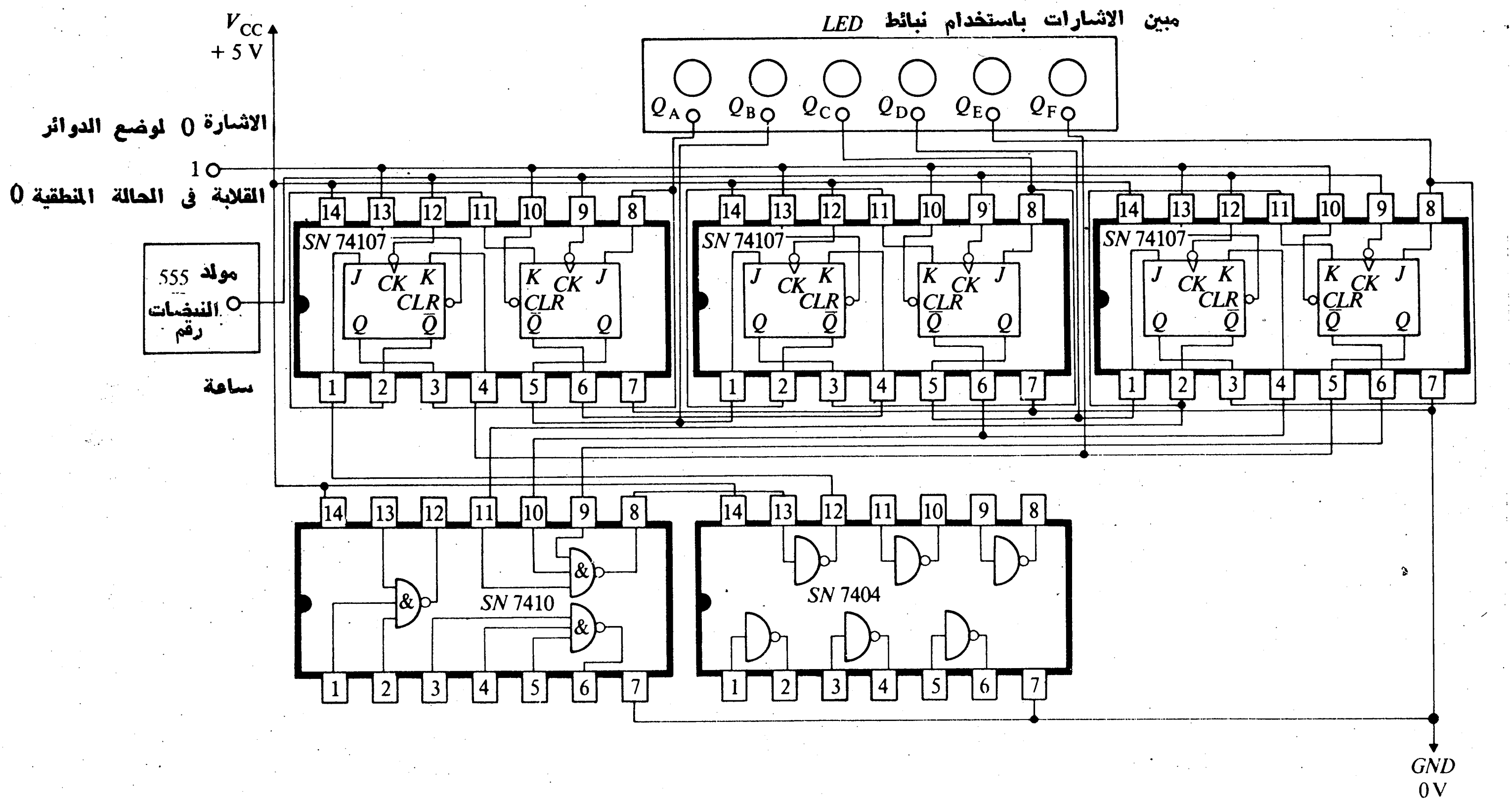
وصل سلسلة من نبضات الساعة على مدخل العداد وراقب حالة المخارج Q للدوائر القلابة على نبائط LED ثم استنتج جدول الحقيقة لدورة كاملة للعداد تتكون من 12 نبضة ساعة وقارن هذا الجدول بشكل ٨ — ٢٩ .



شكل ٨ — ٢٦ عداد دائرى مع شبكة التحكم المنطقية



شكل ٨ – ٢٧ عداد دائرى ذو دورة زوجية الطول مكون من أربع مراحل



شكل ٨ – ٢٨ عداد جونسون الدائرى ذو دورة زوجية الطول ومكون من ست مراحل

النظام العشرى	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D	Q_E	Q_F
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	1

شكل ٨ – ٢٩ جدول الحقيقة لعداد جونسون ذى دورة زوجية الطول

تمرين عملى ٨ ل :

عداد جونسون (دائرى ملتو) ذو دورة فردية الطول

يمكن تعديل عداد جونسون إلى عداد ذى دورة فردية الطول باستخدام شبكة منطقية تكتشف حالة الدوائر القلابة تقفز الحالة التى تكون فيها جميع المخارج Q فى الحالة المنطقية «1» فمثلا فى الجدول المبين أعلاه (شكل ٩ – ٢٩) المطلوب اكتشاف الحالات المناظرة للعد 5 فى النظام العشرى والقفز مباشرة إلى الحالات التى تناظر العد 7 فى النظام العشرى .

قم بتوصيل عداد جونسون ذى الدورة فردية الطول والمكون من ست مراحل كما هو مبين فى شكل ٨ – ٣٠ ، باستخدام ثلاثة من الدوائر المتكاملة رقم SN74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J—K) ودائرة رقم SN 7410 (بوابة نفى « و » (NAND) ذى ثمانية مداخل)و ٣/٣ دائرة رقم SN 7410 (بوابات نفى « و » (NAND) ذى المداخل الثلاثة) و٦/٦ دائرة رقم SN 7404 (ستة بوابات نفى (NOT)) .

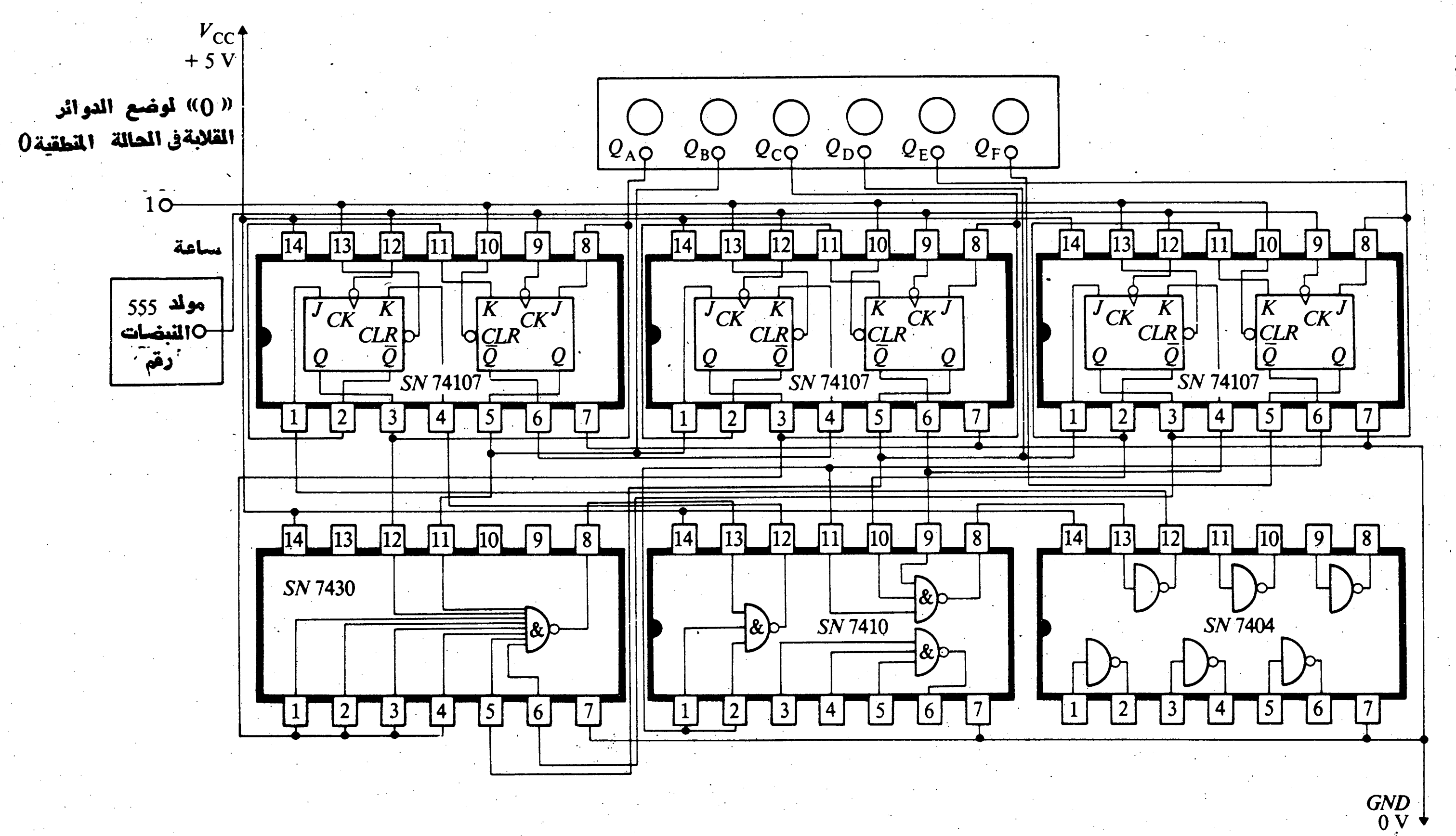
وصل سلسلة من نبضات الساعة ولاحظ حالة الدوائر القلابة Q على نبائط LED . واكتب جدول الحقيقة لدورة كاملة مكونة من ١١ نبضة ساعة .

٨ – ١٣ مولد الأعداد العشوائية

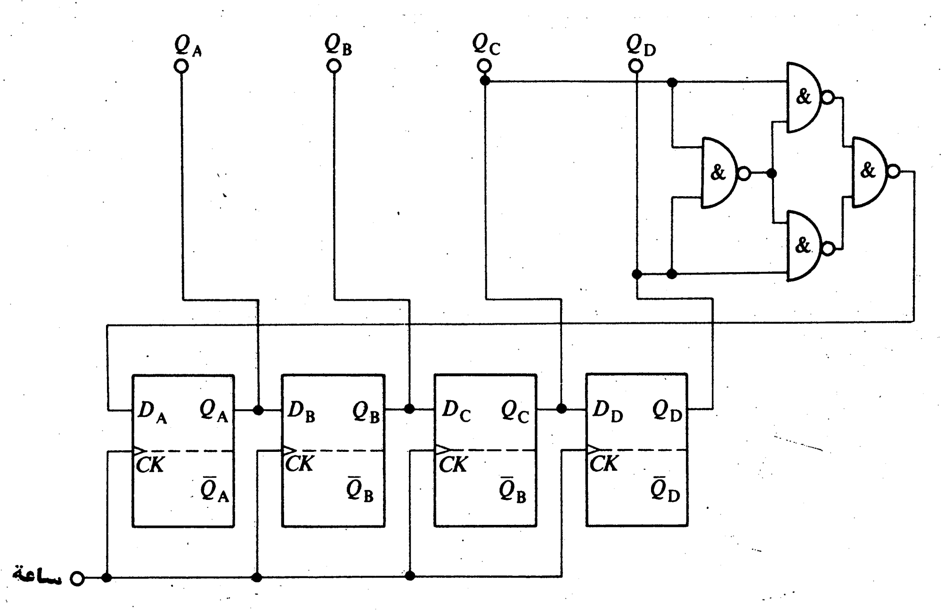
مولد الأعداد العشوائية هو مسجل إزاحة يولد شفرات لاتتبع أى نظام منطقى ، أى أن الأعداد الثنائية تنتج بترتيب عشوائى .

ويتم عادة تحقيق ذلك باستخدام مسجل إزاحة يتم تغذية مدخله من شبكة منطقية ومعقدة تستنبط إشاراتها من الدوائر القلابة التى تكون المسجل .

يبين شكل ٨ – ٣١ توصيلة بسيطة لاتولد أرقاماً عشوائية تماماً ولذلك يطلق عليها توصيلة « مولد الأعداد



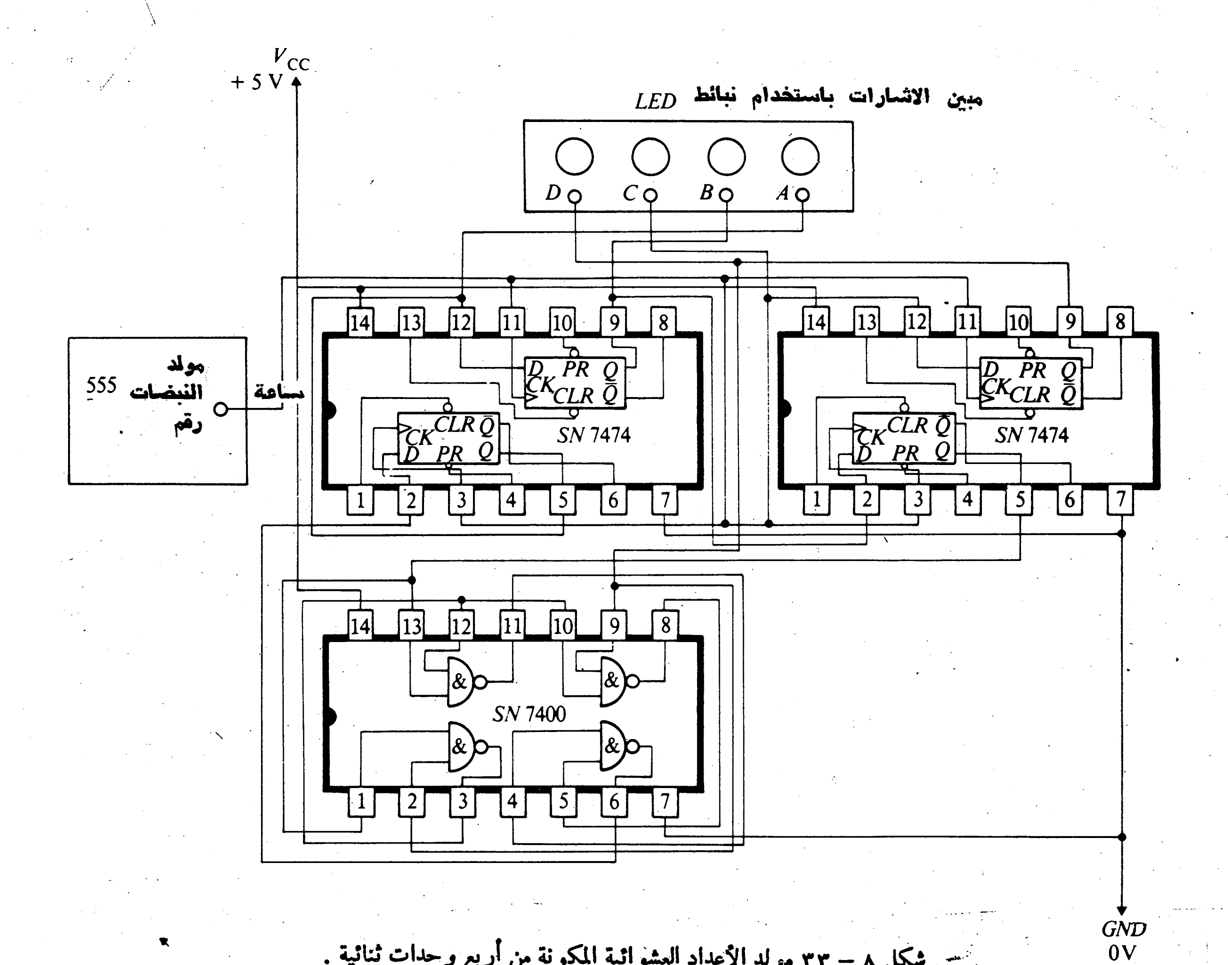
شكل ٨ — ٣٠ عداد جونسون ذو دورة فردية الطول مكون من ست مراحل



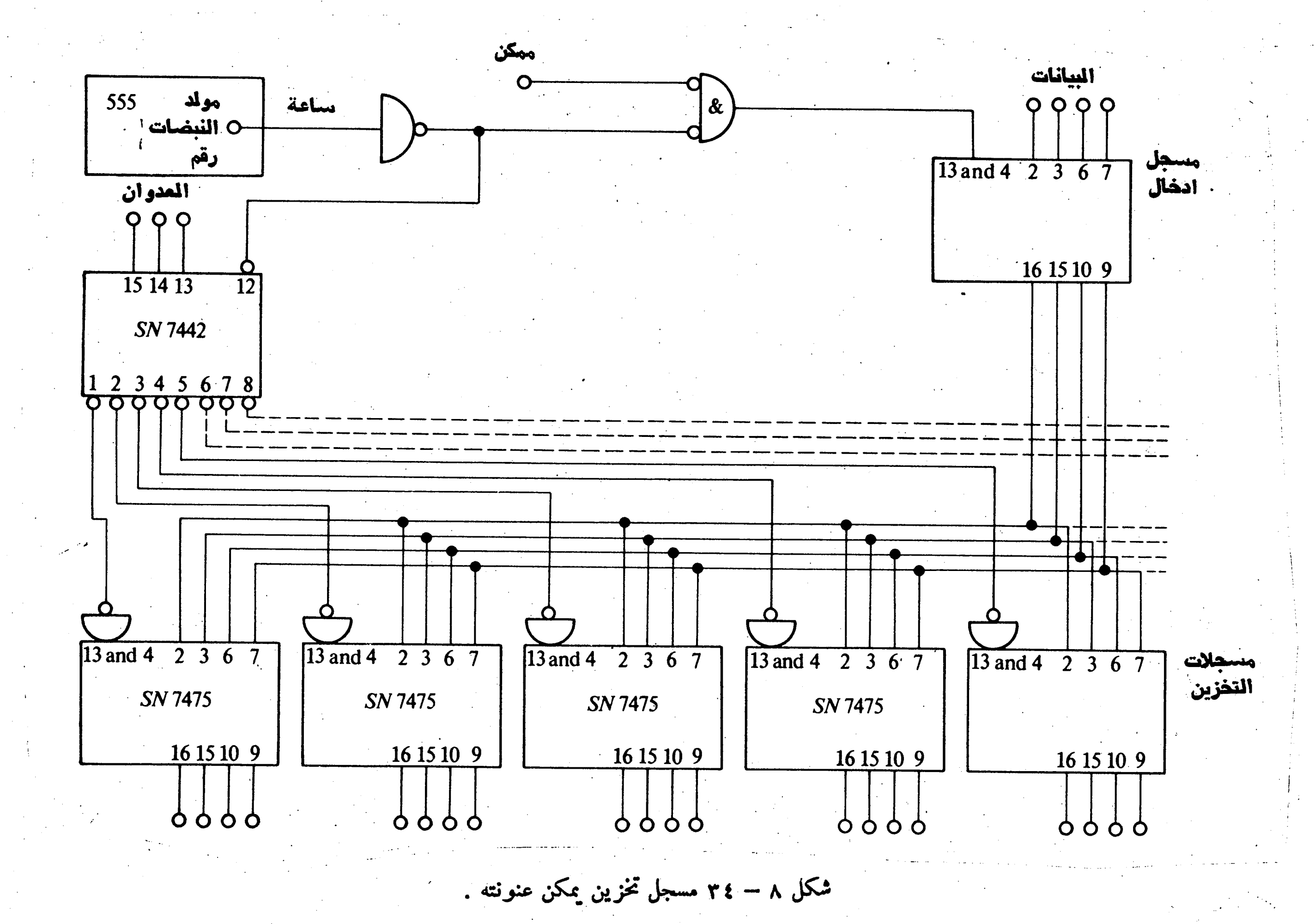
شكل ٨ – ٣١ مولد الأعداد العشوائية الزائفة

النظام العشرى	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1
2	0	0	1	1
3	0	0	0	1
4	1	0	0	0
5	0	1	0	0
6	0	0	1	0
7	1	0	0	1
8	1	1	0	0
9	0	1	1	0
10	1	0	1	1
11	0	1	0	1
12	1	0	1	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0

شكل ٨ – ٣٢ جدول الحقيقة لمولد الأعداد العشوائية الزائفة



شكل ٨ – ٣٣ مولد الأعداد العشوائية المكونة من أربع وحدات ثنائية .



شكل ٨ – ٣٤ مسجل تخزين يمكن عنونته .

العشوائية الزائفة » وذلك لأنه إذا عرفت الحالة الأولية لمسجل الإزاحة فإنه يمكن التنبؤ بتسلسل الأعداد المولدة .

تضمن الشبكة المنطقية المستخدمة أن يبدأ العداد بالدائرة القلابة A فى الحالة المنطقية «1» وتستخدم بوابة « أو » المنفردة (Exclusive — OR) لمقارنة حالة المخارج للدوائر القلابة C و D . بحيث تغذى D_A بإشارة بالقيمة المنطقية «1» عندما تكون Q_C و Q_D مختلفتين وتغذى D_A بإشارة بالقيمة المنطقية «0» عندما تكون Q_C و Q_D متساويتين . وعلى ذلك يكون جدول الحقيقة كما هو مبين فى شكل ٨ — ٣٢ والذى يتكرر كل 15 نبضة ساعة .

تمرين عملى ٨ م :

مولد الأعداد العشوائية الزائفة

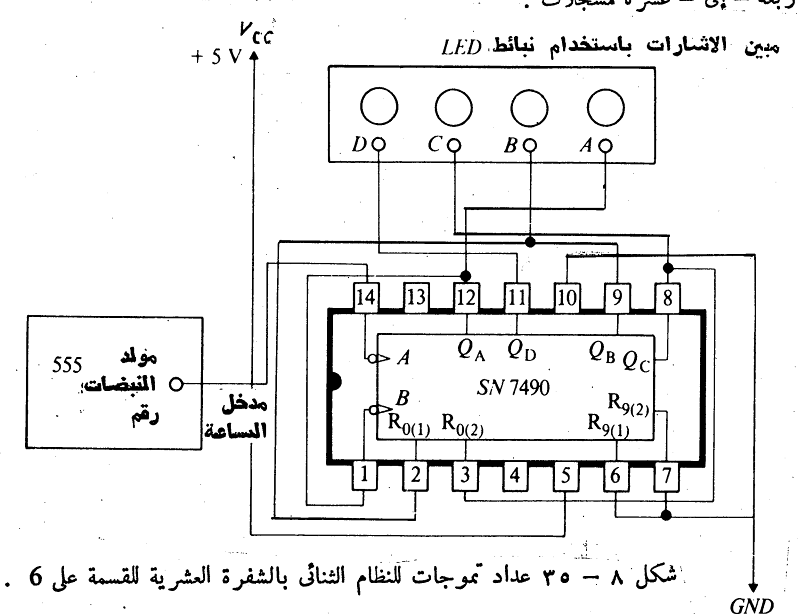
قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٨ — ٣٣ لمولد الأعداد العشوائية الزائفة باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN7474 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع D) ودائرة رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) رباعية لكل منها مدخلان) .

وصل نبضات الساعة للدائرة ولاحظ الأعداد الثنائية المكونة من ٤ وحدات ثنائية على نبائط LED . ثم اكتب جدول الحقيقة للمولد وقارنه بالجدول المبين فى شكل ٨ — ٣٢ .

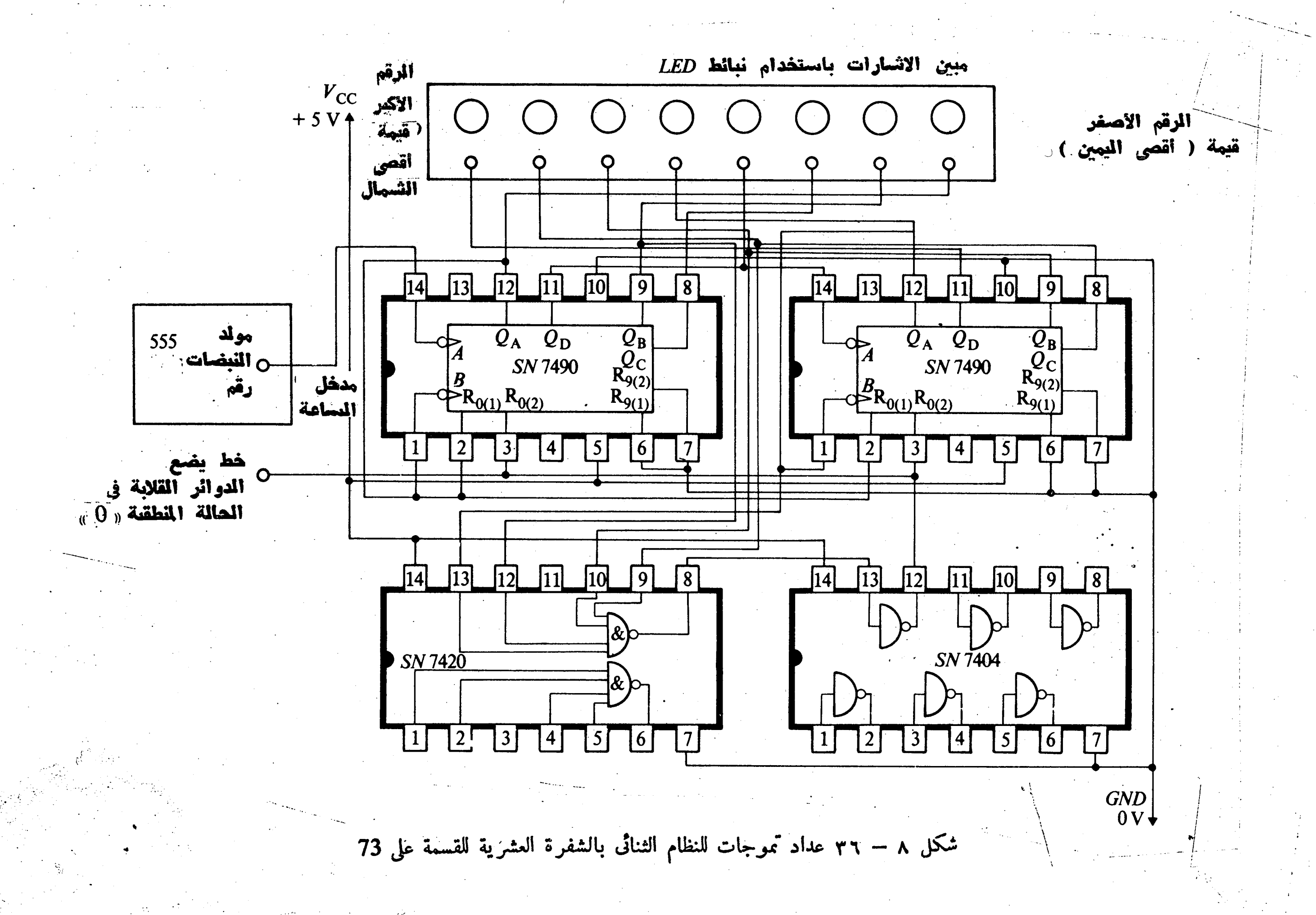
تمرين عملى ٨ ن :

مسجل يمكن عنونته

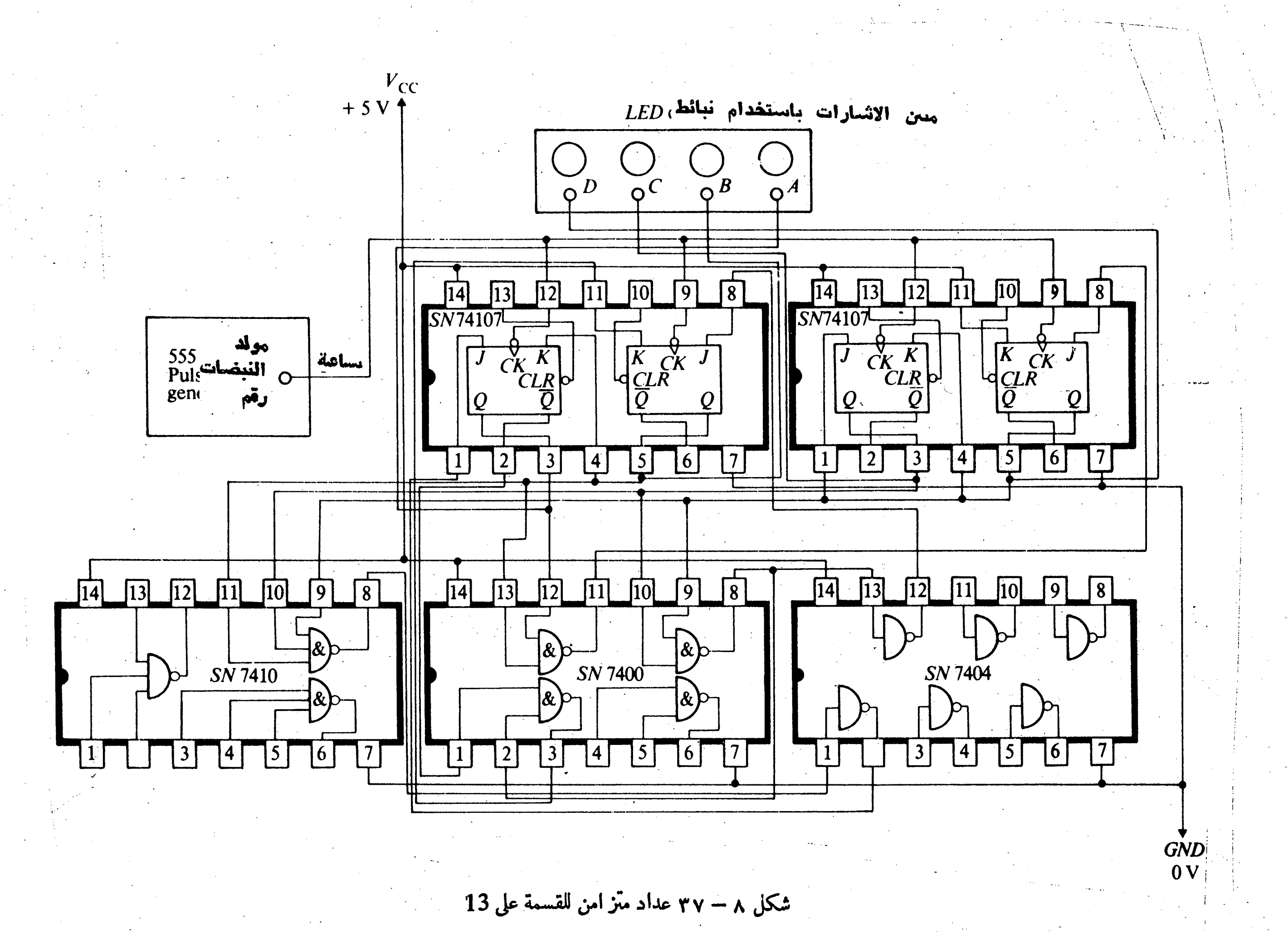
يمكن استعمال الدائرة المتكاملة رقم SN7475 للسقاطة الرباعية كمسجل يمكن عنونته بأربعة أرقام ثنائية لكل بايت ، وذلك بتوصيل العدد المطلوب منها كما هو مبين فى شكل ٨ — ٣٤ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7442 كدائرة فك الشفرة للنظام الثنائى بالشفرة العشرية (BCD) كدائرة بينية للعنوان والتى يمكنها فك شفرة ثلاثة — إلى ثمانية أو أربعة — إلى — عشرة مسجلات .



شكل ٨ — ٣٥ عداد تموجات للنظام الثنائى بالشفرة العشرية للقسمة على 6 .



شكل ٨ – ٣٦ عداد تموجات للنظام الثنائى بالشفرة العشرية للقسمة على 73



شكل ٨ — ٣٧ عداد متزامن للقسمة على 13

وصل العدد الثنائى المطلوب تخزينه والمكون من أربعة أرقام ثنائية على مسجل الإدخال وعنوان المسجل المطلوب فى الدائرة رقم SN7442 . ثم صل إشارة تمكين الدخل ونبضات الساعة . كرر العملية السابقة « بتخزين » أعداد أخرى كل منها مكون من أربعة أرقام ثنائية فى المسجلات المختلفة . اقرأ البيانات المختزنة فى المسجلات المختلفة . اقرأ البيانات المختزنة فى المسجلات باستخدام نبائط LED .

تمرين عملى ٨ س :

عداد تموجات للنظام الثنائى بالشفرة العشرية (BCD) للقسمة على 6

يمكن تعديل توصيلة العداد العشرى والذى يستخدم الدائرة رقم SN7490 لتغيير طول دورة العد بفك الشفرة . فتغذى إشارة فك الشفرة عكسياً لمدخل التفضية CLEAR غير المتزامن حتى يقوم العداد بتصغير طول درجة العد . فالخرج الذى يكون فى الحالة المنطقية «1» فى نهاية العد يغذى عكسياً إلى RESET ليجعل الداخل 0 (و $R_{0(2)}$ و $R_{0(1)}$) كما هو مبين فى الشكل ٨ – ٣٥ والذى يستخدم دائرة متكاملة رقم SN 7490 كعداد عشرى .

شغل الدائرة بتوصيل نبضات الساعة وراقب الخرج على نبائط LED .

تمرين عملى ٨ ع :

عداد تموجات للنظام الثنائى بالشفرة العشرية BCD للقسمة على 73

يمكن تصميم عدادات لتحقيق نسب أعلى للقسمة فى النظام الثنائى بالشفرة (BCD) باستخدام دائرتين SN 7490 على التوالى . يجب ملاحظة أن الأعداد الثنائية بالشفرة العشرية التى ليس بها أكثر من اثنين من الأرقام متتاليين فى الحالة «1» لاتحتاج لشبكة بوابات منطقية خارجية لفك الشفرة .

قم بتوصيل شبكة العداد المبينة فى شكل ٨–٣٦ باستخدام عدادين عشريين (SN 7490) و $\frac{1}{2}$ دائرة متكاملة رقم SN 7420 (بوابات نفى « و »(NAND) المزدوجة لكل بوابة منهما أربعة مداخل) و $\frac{1}{6}$ دائرة رقم SN7404 (ستة بوابات « نفى » (NOT)) .

وصل نبضات الساعة للمدخل ولاحظ خرج العداد باستخدام نبائط LED .

تمرين عملى ٨ ف :

عداد متزامن للقسمة على 13

قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٨ – ٣٧ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزوجة من نوع J — K) و $\frac{1}{3}$ دائرة رقم SN 7410 (بوابات نفى « و » (NAND) الثلاثة لكل منها ثلاثة مداخل) و $\frac{3}{4}$ دائرة رقم SN 7400 (بوابات « نفى » « و » (NAND) الرباعية لكل منها مدخلان) و $\frac{1}{3}$ دائرة رقم SN 7404 (ستة بوابات نفى (NOT)) .

وصل سلسلة من نبضات الساعة للمدخل ولاحظ حالة الخرج باستخدام نبائط LED .

الفصل التاسع

نظم التحكم فى العمليات الصناعية باستخدام الدوائر المنطقية

٩ ـــ ١ مقدمة

يعتمد تشغيل عدد كبير من العمليات الصناعية على وجود تركيبة معينة للإشارات الداخلة لبدء العمل مثل النظام البسيط للتحكم فى تشغيل الماكينة والذى قدمناه فى الفصل الرابع . إلا أن هناك عدداً كبيراً من العمليات الصناعية تتطلب نظاماً منطقياً لبدء التشغيل بعد توالى حدوث سلسلة من الوقائع . وتتطلب هذه النظم استخدام عناصر ذاكرة ، وعدادات ، ودوائر توقيت وكذلك البوابات المنطقية الأساسية .

ويوضح شكل ٩ ـ ١ الرسم المنطق لمثال بسيط لمزلاج أمن وفيه يفتح القفل عند الضغط على الأزرار بالتسلسل C وA وB . وأى تسلسل آخر يطلق جهاز الإنذار (المسموع أو المرئى) ويمكن إلغاء هذا الإنذار وإعادة غلق الباب بضغط الأزرار A و B و C فى نفس الوقت .

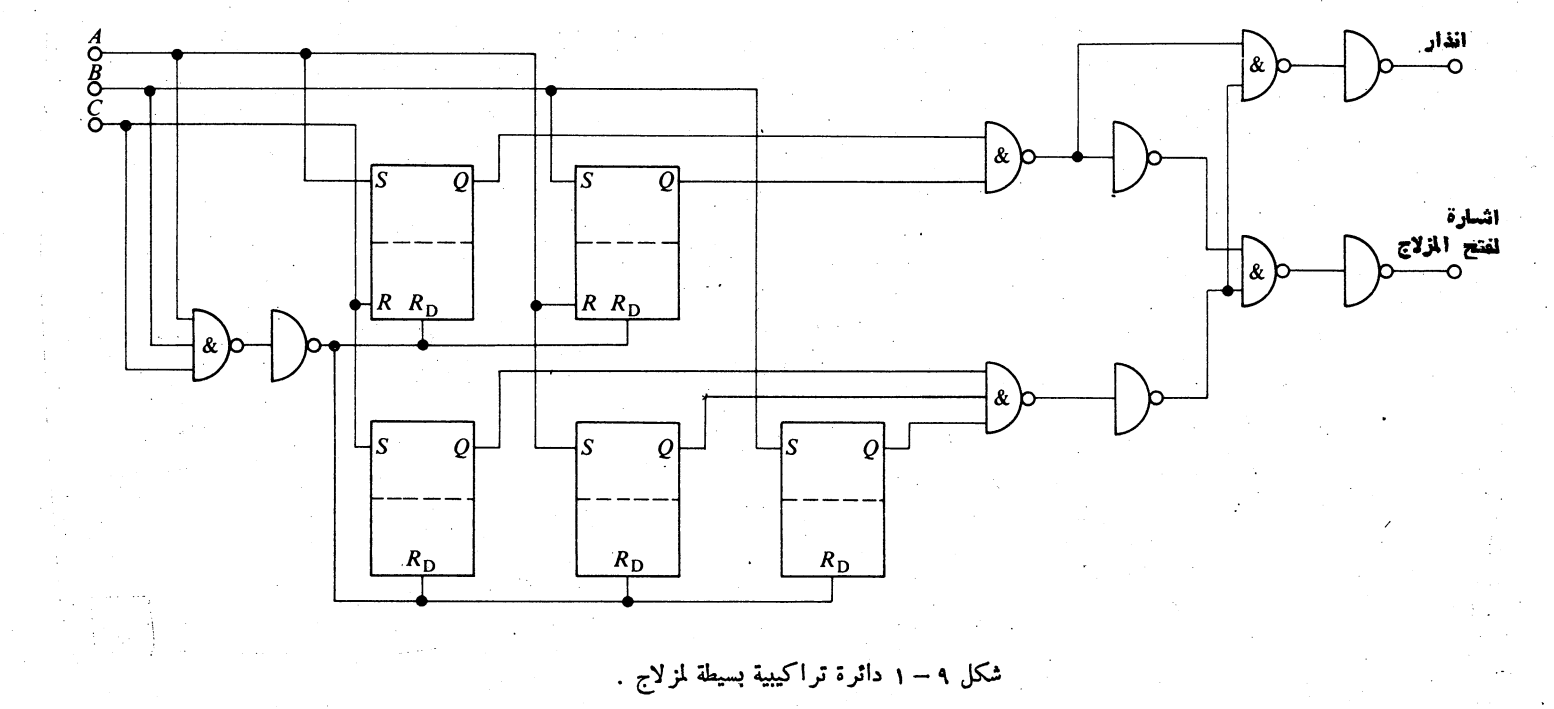
سنقدم فى هذا الفصل عدة تطبيقات باستخدام الدوائر المنطقية التراكيبية والمتسلسلة وسنشرح العوامل المختلفة لكل نظام ونفحص الدائرة الرقية التى تحقق الأهداف المطلوبة من النظام . وتطوير هذه الدوائر لتطبيقها فى عمليات صناعية محددة تعتبر مرحلة لاحقة فى عملية التصميم .

تمرين عملى ٩ (أ) :

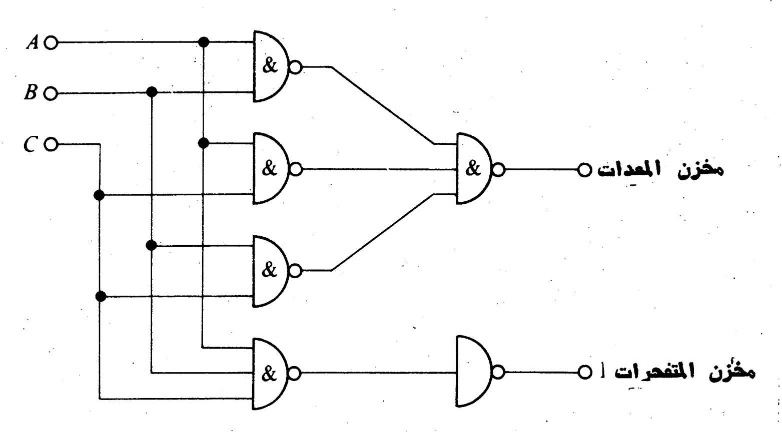
نظام أمن بسيط

هناك محاولات كثيرة تتطلب استعمال نظم للأمن تتراوح بين استخدامات البنوك واستخدامات التحكم فى تفريغ المتفجرات من الموقع . لنفرض أن هناك مخزناً (أو حظيرة) تغطى موقعاً شاسعاً والمطلوب التحكم فى الوصول (أو نقل) المتفجرات . ولنفترض أن نفس الحظيرة تستخدم أيضاً كمخزن للمعدات بحيث تكون الغرفة الداخلية لتخزين المتفجرات . يوجد ثلاثة أشخاص مصرح لهم بدخول الغرفة الخارجية (غرفة المعدات) ومع كل منهم مفتاح . ويلزم إثنان من هذه المفاتيح لدخول الغرفة الخارجية إلا أنه يجب استعمال المفاتيح الثلاثة كلها لدخول غرفة المتفجرات الداخلية .

ويمكن تحقيق هذه المتطلبات بالدائرة المنطقية المبينة فى الشكل ٩ ـ ٢ .



شكل ٩ – ١ دائرة تراكيبية بسيطة لمزلاج .



شكل ٩ - ٢ نظام أمن بسيط

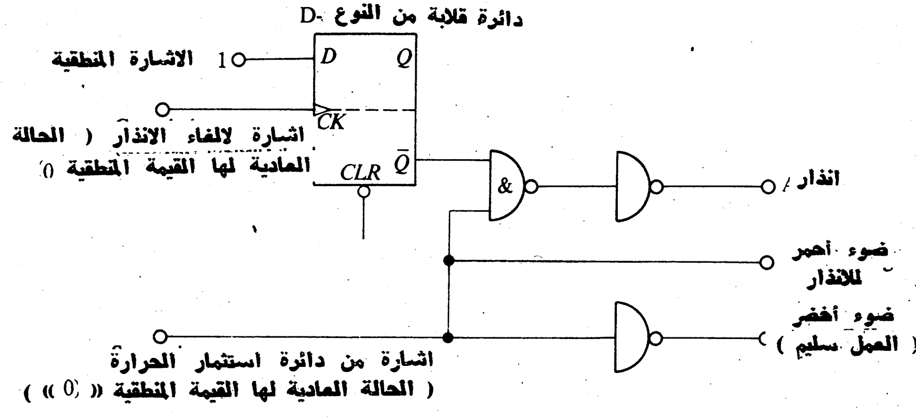
قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٩ - ٢ باستخدام ٣/٤ الدائرة المتكاملة رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) رباعية لكل منها مدخلان) و ٢/٣ رقم SN 7410 (بوابات نفى « و » (NAND) الثلاثية لكل منها ثلاثة مداخل) و ١/٦ رقم SN 7404 (بوابة نفى (NOT)) .

قم بتوصيل كل توافيق الإشارات الداخلة الممكنة المناظرة لعمل الأزرار الثلاثة ولاحظ الإشارات الخارجة باستخدام نبائط LED لتتحقق من هذا النظام .

تمرين عملى ٩ (ب) :

نظام إنذار لعملية صناعية

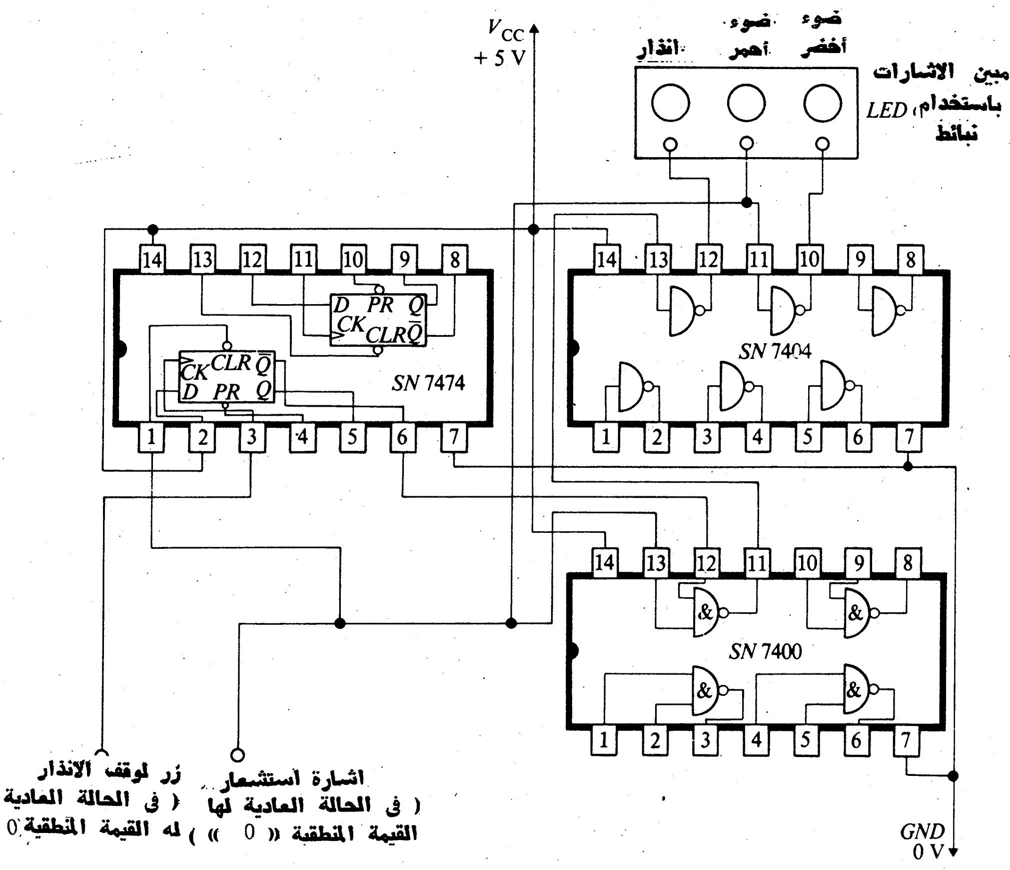
تأمل عملية صناعية تتطلب مراقبة درجة الحرارة لمعرفة حالة العملية الصناعية . فعندما تكون درجة الحرارة عادية يلزم إضاءة لون أخضر . أما عند حدوث أى خطأ بحيث ترتفع درجة الحرارة يضىء لون أحمر يذىء بالخطر وينطفىء اللون الأخضر . وفى نفس الوقت يشغل إنذاراً مسموعاً .



شكل ٩ - ٣ الدائرة المنطقية لنظام إنذار لعملية صناعية .

يجب عمل احتياط إضافى فى هذا النظام بحيث يمكن لمراقبة العملية إيقاف الإنذار بالضغط على زر إيقاف . وفى مثل هذه الحالة يجب أن يستمر الضوء الأحمر حتى يتم تصحيح الخطأ . ويبين شكل ٩– ٣ الدائرة المنطقية لهذا النظام .

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٩ – ٤ باستخدام الدوائر المتكاملة ٣/١ من رقم SN 7474 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع D) و ٤/١ رقم SN7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية كل منها لها مدخلان) و ٣/١ رقم SN 7404 (بوابات نفى (NOT)) .



شكل ٩ – ٤ نظام مراقبة وإنذار لدرجة الحرارة .

وصل الإشارة المنطقية « 0 » على كل من زر وقف الإنذار(*CANCEL ALARM*) وإشارة استشعار درجة الحرارة (*SENSOR*) يلاحظ إضاءة اللون الأخضر .

غير الآن الإشارة الموصلة على مدخل استشعار درجة الحرارة إلى القيمة المنطقية « 1 » وراقب تغيير الضوء إلى الأحمر ويسمع الإنذار فى نفس اللحظة .

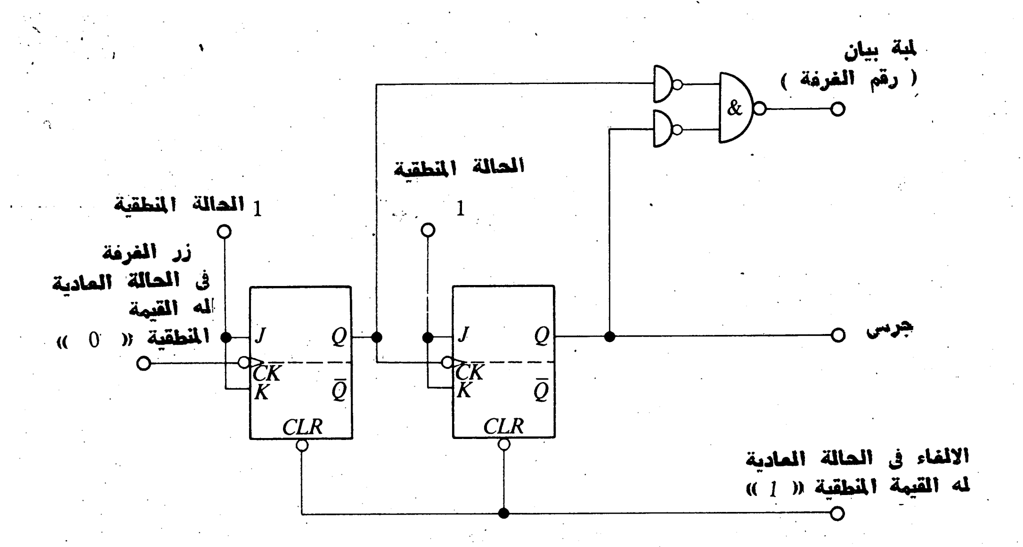
وصل الآن الإشارة المنطقية « 1 » على زر وقف الإنذار (*CANCEL ALARM*) ولاحظ توقف الإنذار مع بقاء الضوء الأحمر .

اجعل الآن إشارة استشعار درجة الحرارة فى الحالة المنطقية « 0 » (تم تصحيح الخطأ) وراقب إضاءة اللون الأخضر وأن الضوء الأحمر يختفى فى نفس اللحظة .

تمرين ٩ (جـ) :

نظام خدمة الغرف فى الفندق

افترض فندقاً صغيراً أو مسكناً كبيراً بحيث توجد أزرار موزعة فى جميع الغرف مع وجود لوحة بيان بالمطبخ مضيئة لأرقام الغرف وجرس . المطلوب تصميم نظام منطقى بحيث يكون فى الوضع العادى جميع لمبات البيان مطفأة والجرس صامت وعند ضغط زر غرفة معينة تضىء اللمبة الممثلة لهذه الغرفة فى اللوحة بالمطبخ . وإذا تم ضغط نفس الزر مرة ثانية يدق جرس ويستمر فى الرنين . ويمكن إنهاء رنين الجرس وإطفاء اللوحة من المطبخ . وشكل ٩ – ٥ يبين الشبكة المنطقية لهذا النظام .

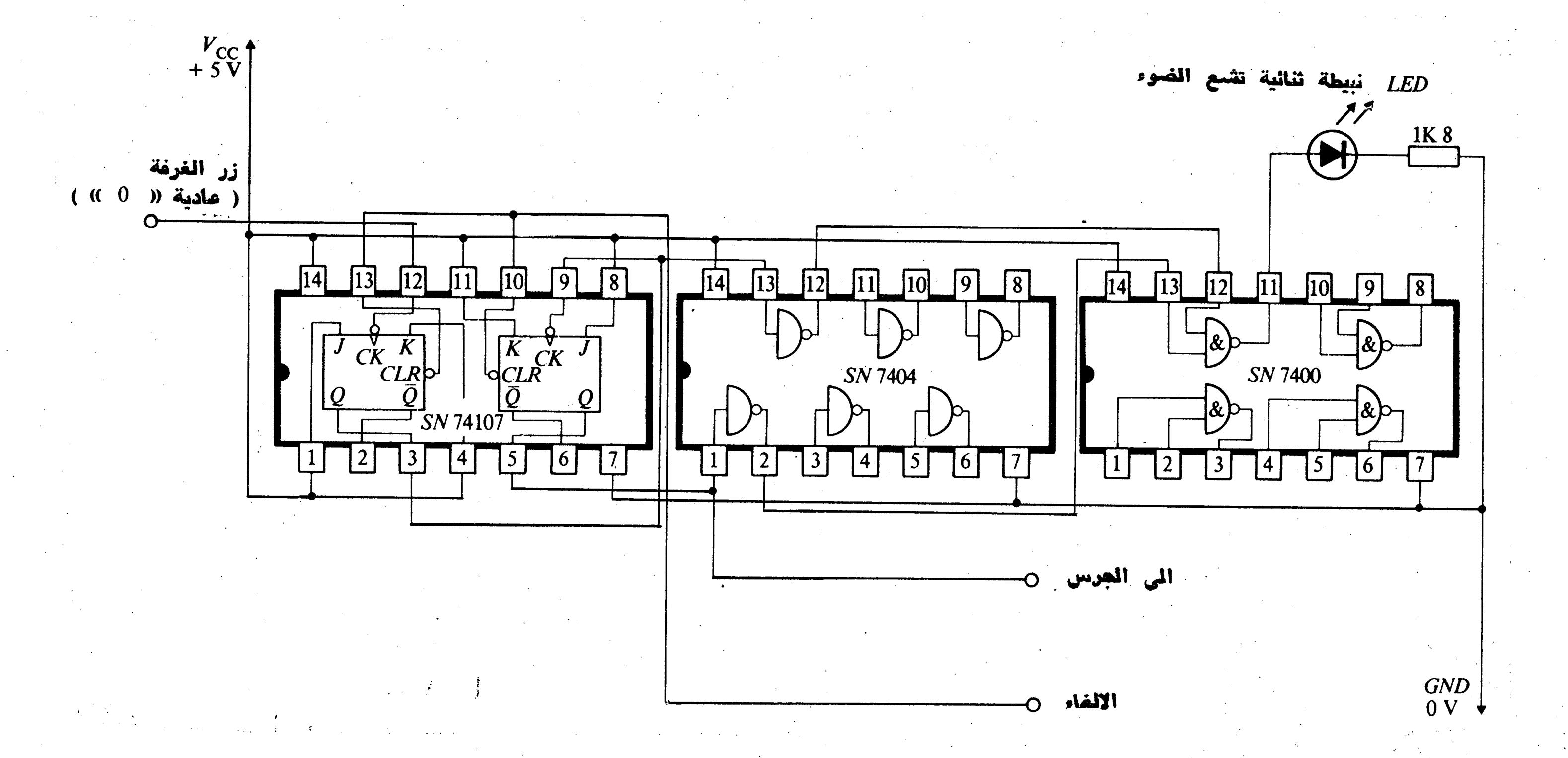


شكل ٩ – ٥ الشبكة المنطقية لنظام خدمة غرف الفندق .

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٩ – ٦ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J – K) و ١/٤ دائرة رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية لكل منها مدخلان) و ١/٣ دائرة رقم SN 7404 (بوابات نفى (NOT)) .

ضع زر الغرفة فى الحالة المنطقية « 1 » ثم فى الحالة المنطقية « 0 » ولاحظ إضاءة لمبة البيان .

ضع زر الغرفة فى الحالة المنطقية « 1 » ثم فى الحالة المنطقية « 0 » مرة ثانية ولاحظ رنين الجرس واستمرار إضاءة اللمبة . ضع الآن الإشارة المنطقية « 1 » على طرف إلغاء الرنين ولمبة البيان وراقب توقف الرنين وانطفاء اللمبة .



شكل ٩ – ٦ نظام الخدمة فى غرف الفندق

تمرين عمل ٩ (د) :

التحكم فى المصعد

لنفترض المطلوب تصميم دائرة للتحكم فى مصعد يعمل بين طابقين . فى كل طابق يوجد زران يعملان بالضغط مكتوب عليهما ١ و ٢ . إذا أراد شخص أن يصعد من الطابق ١ إلى الطابق ٢ فعليه أولا : الضغط على الزر المكتوب عليه ١ لينادى على المصعد ، ثانياً : يدخل المصعد عند وصوله ، ثالثاً : يضغط على الزر المكتوب عليه ٢ داخل المصعد ليرتفع المصعد للطابق ٢ .

للتحكم فى تشغيل هذا النظام يجب أن تحقق الدائرة المنطقية عدة احتياطات :

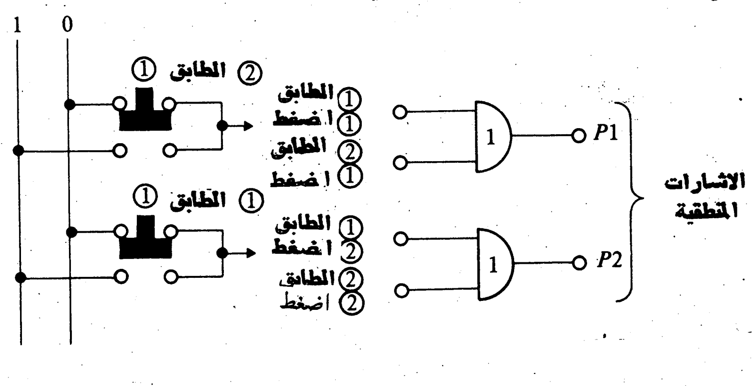
(أ) يستطيع المصعد العمل من أى من الطابقين .

(ب) نستطيع معرفة ما إذا كان المصعد فى الطابق ١ أو فى الطابق ٢ .

(جـ) لو كان المصعد يتحرك لحظة الضغط على أى زر يجب أن يستمر المصعد فى حركته بغض النظر عن الزر المضغوط .

(د) لو توقف المصعد فى طابق ثم ضغط على زر فى نفس الطابق لا يتحرك المصعد ولا يعمل المحرك الكهربائى للمصعد .

يمكن تحقيق الشرط الأول بتوصيل الزرين المكتوب عليهما ١ بالحالة المنطقية « 1 » والحالة المنطقية « 0 » أى أنه إذا ضغط على الزر ينقل للنظام إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » كما هو مبين فى شكل ٩ – ٧ (أ) وتمر الإشارة من كل زر إلى بوابة « أو » OR كما هو مبين فى الشكل ٩ – ٧ (ب) .



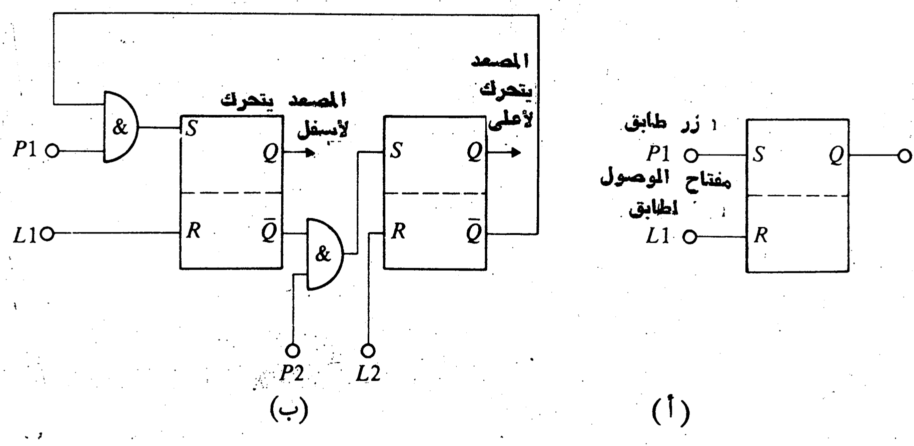
(أ) (ب)

شكل ٩ – ٧ الإشارات المنطقية للتحكم فى المصعد (أ) أزرار التشغيل (ب) الإشارات المنطقية .

يمكن تحقيق الشرط الثانى بوضع جهاز استشعار لمعرفة الطابق الموجود به المصعد أى فى صورة مفتاح يقفل عندما يصل المصعد للطابق ١ أو للطابق ٢ . فإذا فرضنا أن المفتاحين يكونان بحيث عندما يكون المصعد فى الطابق ١ يكون خرج المفتاح L 1 له القيمة المنطقية « 1 » وعندما يكون المصعد فى الطابق ٢ يكون خرج المفتاح L 2 مساوياً للقيمة المنطقية « 1 » وعلى ذلك عندما يكون المصعد بين الطابقين تكون كل من الإشارتين L 1 و L 2 لهما القيمة المنطقية « 0 » .

والآن عند تشغيل زر الضغط يتحرك المصعد حتى يصل إلى الطابق المقصود ويتوقف عند وصول الإشارة من مفتاح الوصول المقصود ويمكن التحكم فى ذلك باستخدام دائرة قلابة من نوع S — R كما هو مبين فى الشكل ٩ – ٨ (أ) .

من الواضح أن الدائرة القلابة البسيطة من النوع S—R لن تعمل بطريقة سليمة إذا كان المصعد عند الطابق المختار ، بمعنى عندما تكون S = R = 1 . إلا أنه يمكن التغلب على هذا باستعمال الشبكة المنطقية المرسومة فى شكل ٩ – ٨ (ب) والتى تمنع زر الضغط P 1 (فى أى من الطابقين) من تشغيل الدائرة القلابة للمصعد إلى أسفل إذا كان المصعد يتحرك لأعلى فى اتجاه الطابق ٢ .



شكل ٩ – ٨ الإشارات المنطقية للتحكم فى محرك المصعد

يبين شكل ٩ – ٩ النظام الكامل للتحكم فى حركة المصعد باستخدام دوائر قلابة من نوع J — K .

قم بتوصيل الشبكة المرسومة فى شكل ٩ – ١٠ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J — K) والدائرة رقم SN7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية ولكل مدخلين) ودائرة رقم SN 7404 (بوابات نفى (NOT) .

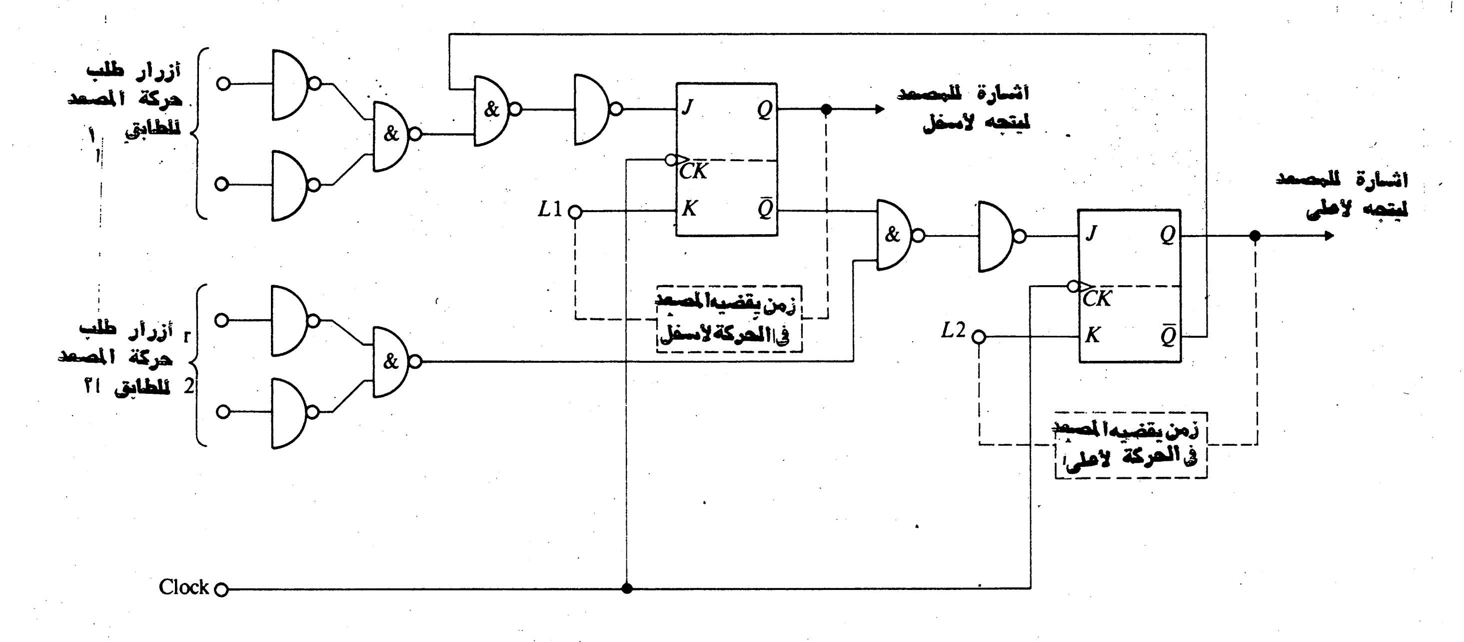
وصل نبضات الساعة بتشغيل مولد النبضات رقم 555 عند تردد عال سلط إشارات لمحاكاة تشغيل أزرار الضغط واستخدم النبائط المشعة LED لمحاكاة الحالات المنطقية لتشغيل المصعد . سلط إشارات لمحاكاة عمل مفاتيح الوصول – بعد تحرك المصعد ببضع ثوان .

تمرين عملى ٩ (هـ) :

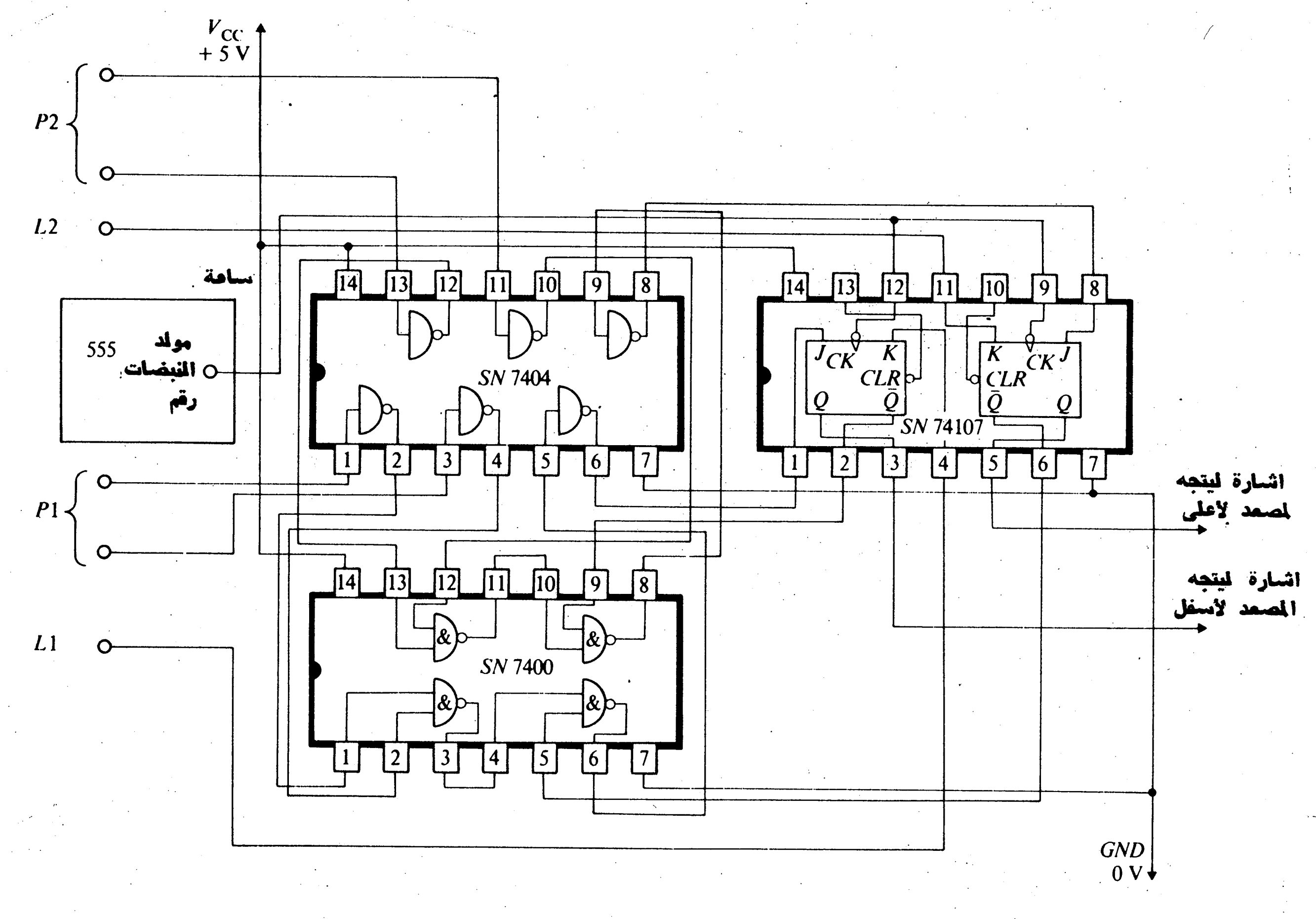
مزلقان سكة حديد أتوماتيكى

المطلوب تصميم دائرة تقوم بإرسال إشارة تحذير فى شكل أضواء متقطعة مع رنين جرس عند اقتراب قطار من المزلقان ، وأن يستمر الضوء المتقطع ورنين الجرس خلال مرور القطار وحتى انتهاء عبوره بأمان للمزلقان .

ويمكن الحصول على الإشارات التى تدل على موضع القطار عن طريق مجموعة من ثلاثة مفاتيح ضغط موضوعة بطريقة معينة عند ثلاث نقاط على قضبان القطار . المفتاح الأول موضوع قبل المزلقان بمسافية كافية بحيث يمر وقت مناسب للتنبيه باقتراب القطار .



شكل ٩ – ٩ الشبكة المنطقية للتحكم فى عمل المصعد .

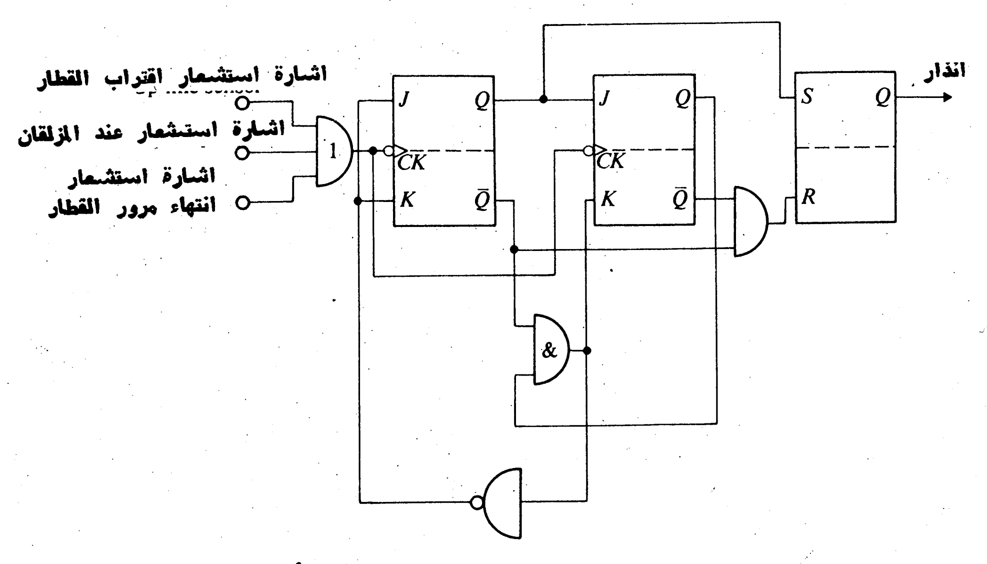


شكل ٩ – ١٠ توصيلة لشبكة التحكم فى عمل المصعد بين طابقين .

المفتاح الثانى موضوع عند المزلقان نفسه والمفتاح الثالث موضوع بعد المزلقان بمسافة كافية لضمان انتهاء مرور القطار عبر المزلقان . يجب ملاحظة تكرار نظام المفاتيح بالنسبة لخط القطارات الثانى .

نفترض أنه عند مرور القطار فوق أى من المفاتيح الثلاثة تخرج منها الإشارة المنطقية « 1 » ولا يهمنا فى هذه الحالة استمرار الإشارة طوال فترة الضغط على المفتاح ولكننا نهتم فى هذا النظام بالتغيير المبدئى .

تستعمل بوابة « أو » (OR) لتجميع الإشارات الثلاث الناتجة من المفاتيح الثلاثة بحيث يكون خرج البوابة داخلا إلى مدخل نبضات الساعة لعداد الحد الأقصى للعد ٣ أى عداد ثنائى بسيط يعد النبضات بالترتيب 2, 1, 0, 2, 1, 0 . . . الخ . ويركب هذا العداد من دائرتين قلابتين من نوع J—K ويتحكم العداد فى دائرة قلابة من نوع S — R التى تشغل إنذاراً مسموعاً مرئياً كما هو مبين فى شكل ٩ — ١١ .

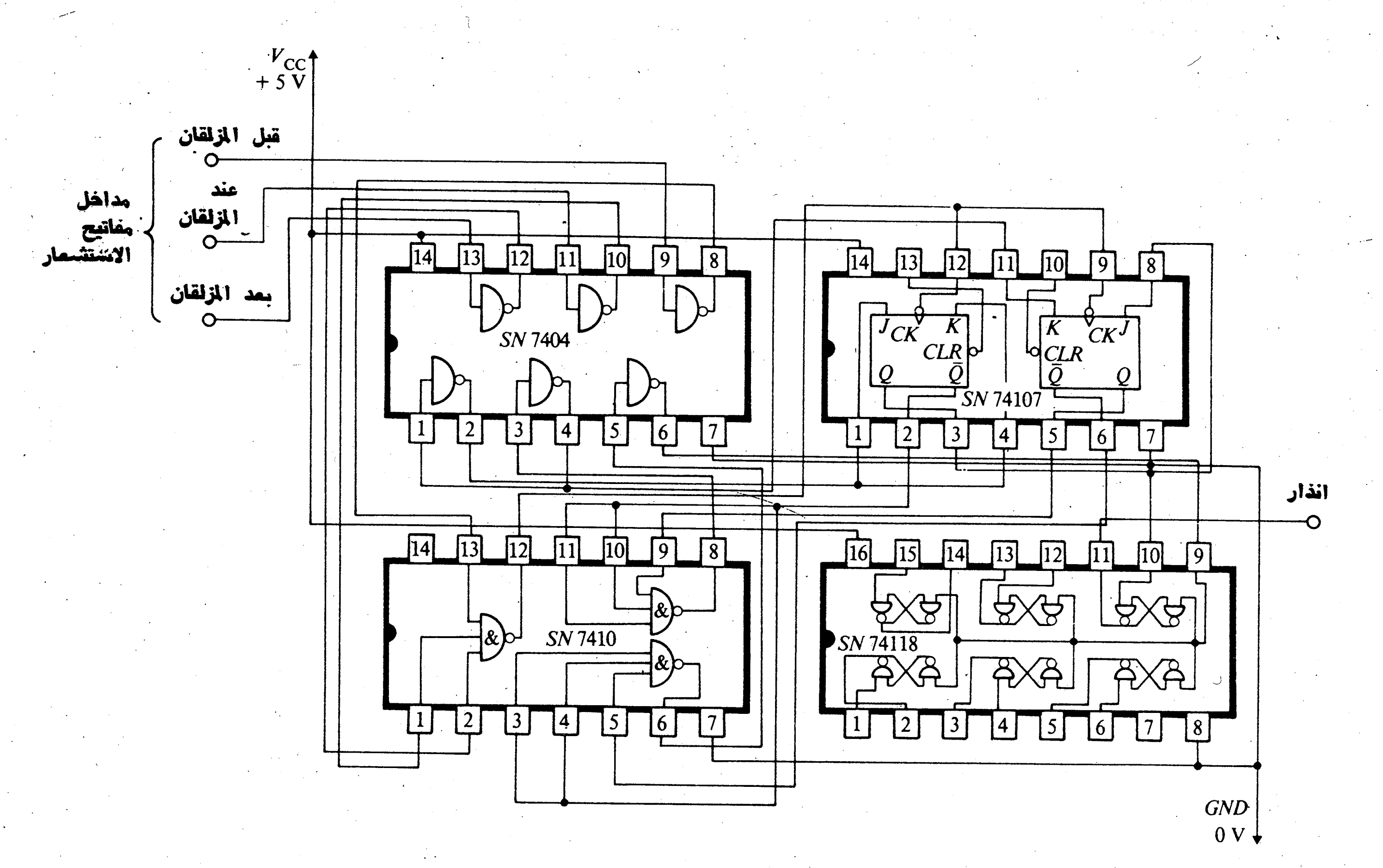


شكل ٩ — ١١ الشبكة المنطقية لدائرة إنذار عند مزلقان أتوماتيكية .

قم بتوصيل الدائرة المرسومة فى شكل ٩ — ١٢ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J—K) و ١/٦ دائرة رقم SN 74118(دوائر قلابة من نوع سقاطة S—R ودائرة رقم SN 7404 (بوابات نفى (NOT)) ودائرة رقم SN 7410 (بوابات نفى « و » (NAND) الثلاثية ولكل منها ثلاثة مداخل) .

وصل الإشارة المنطقية « 1 » على مدخل إشارة استشعار اقتراب القطار ثم اجعل إشارة هذا المدخل « 0 » وراقب الحالة المنطقية للإشارة الدالة على الإنذار باستخدام نبيطة LED .

وصل إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » على مدخل الاستشعار الموجود عند المزلقان ثم اجعل هذه الإشارة بالقيمة المنطقية « 0 » وتأكد من استمرار الإنذار . أخيراً وصل إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » على مدخل الاستشعار الدال على انتهاء مرور القطار ثم وصل على نفس المدخل الإشارة المنطقية « 0 » وتأكد من انتهاء الإنذار بمجرد وصول هذه الإشارة .



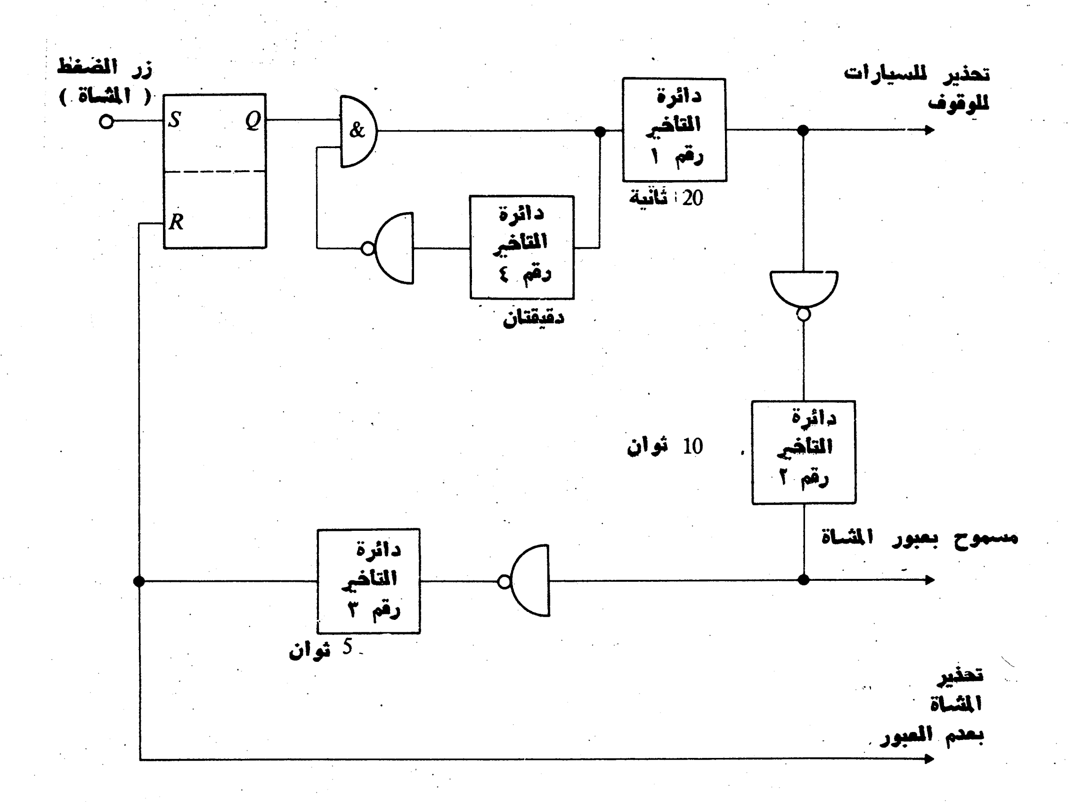
شكل ٩ – ١٢ توصيلة الإنذار لمزلقان سكة حديد .

تمرين عملي ٩ (و) :

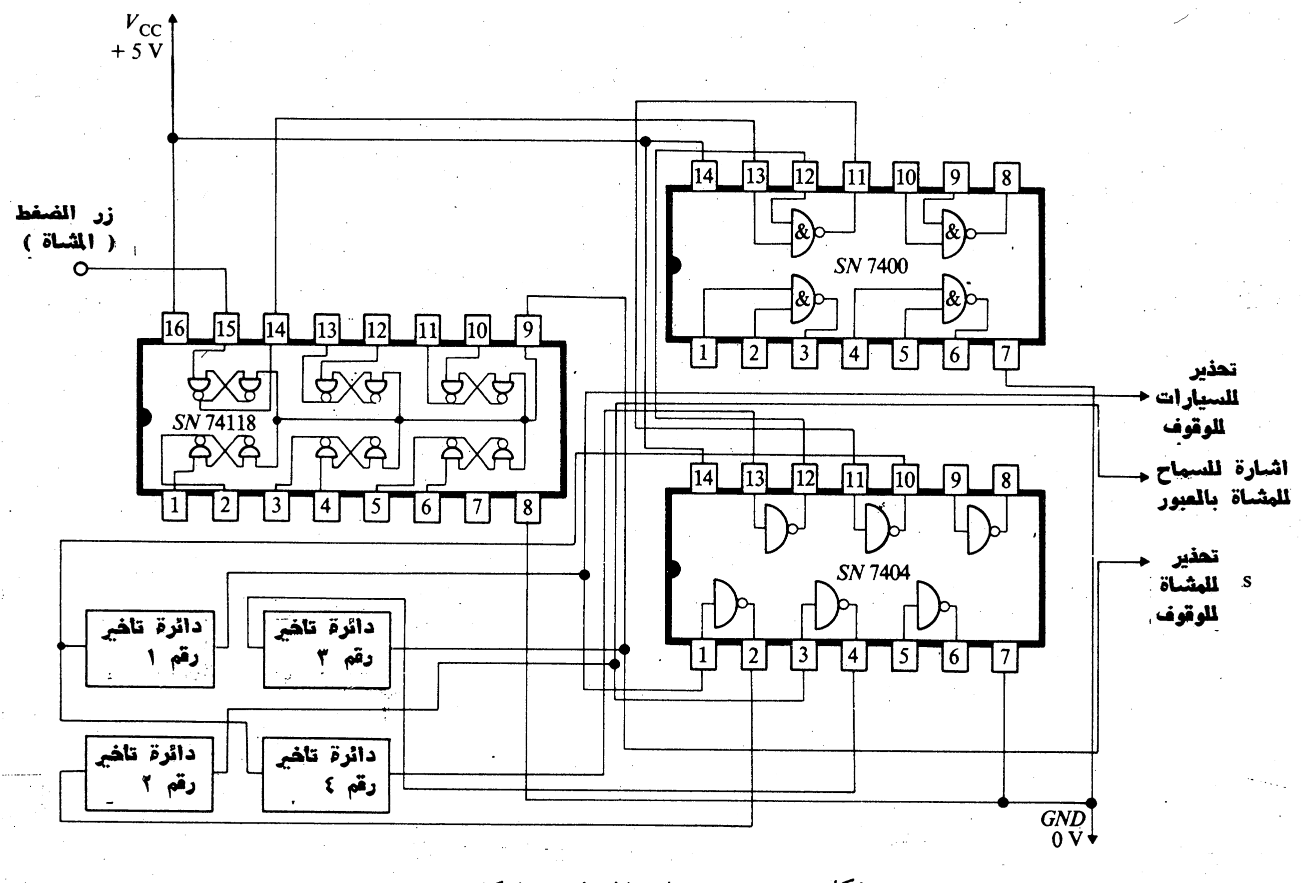
تقاطع طرق « بليكان »

اعتبر متطلبات تشغيل نظام « بليكان » لعبور المشاة . عند الضغط على الزر تظهر علامة تحذير « انتظر » ويتم تشغيل ضوء أحمر « لا تعبر » ويتم بدء تشغيل دائرة تأخير . بعد هذه الفترة الزمنية يتم تحذير المرور بتغيير الضوء من الأخضر إلى الأصفر ثم إلى الأحمر . وتنطفئ علامة « انتظر » الخاصة بعبور المشاة ويستبدل بالعلامة الحمراء « لا تعبر » ضوء أخضر « العبور مأمون » . ويبقى ذلك لفترة زمنية يعقبها تحول الضوء الأخضر « العبور مأمون » إلى ضوء متقطع ويتغير اللون الأحمر الخاص بالسيارات إلى الضوء الأصفر المتقطع . ويستمر ذلك لفترة لتحذير المشاة ولتسمح بالمرور إذا انقطع عبور المشاة ، ثم تتحول إلى اللون الأحمر « لا تعبر » وفي نفس الوقت يتحول الضوء بالنسبة للمرور إلى اللون الأخضر .

يجب ملاحظة أنه خلال الفترة المسموح فيها للمشاة بالعبور يكون هناك عادة صوت متقطع للدلالة على السماح للمشاة بالعبور . كما أن هذه العملية لا يسمح لها بالتكرار إلا بعد انقضاء فترة محددة .



شكل ٩ — ١٣ الدائرة المنطقية لتقاطع طرق « بليكان » .



شكل ١٩ – ١٤ توصيلة تقاطع طرق « بليكان » .

يبين شكل ٩ – ١٣ الشبكة المنطقية البسيطة التى تحقق المطلوب فى تقاطع طرق من نوع بليكان .

يمكن استعمال دائرة أحادية الاستقرار (MONOSTABLE) رقم SN 74121 مع توصيل عناصر خارجية (C و R) لتحقيق زمن التأخير المطلوب . نفترض أن خرج وحدات التأخير تكون قيمته العادية منخفضة أى القيمة المنطقية « 0 » وعندما يتم تشغيلها بالقيمة المنطقية « 1 » عند مدخلها يصبح الخرج له القيمة المنطقية « 1 » خلال الفترة المحددة للتأخير .

وبالتالى تكون خطوات التشغيل .

يكون خرج الدائرة القلابة S — R فى الحالة « 0 » عند الضغط على زر **التشغيل** تصبح الدائرة القلابة فى الحالة المنطقية « 1 » . تمر إشارة الخرج Q خلال بوابة « و » (AND) ويتم بذلك تشغيل دائرتى التأخير رقم ١ و ٤ . وبذلك تستمر إشارة خرج الدائرة رقم ١ بالقيمة المنطقية "1" لمدة t_1 sec. (حوالى 20 sec.) لتحذير **السيارات بالوقوف** . تتسم تغذية مدخل دائرة التأخير ٢ من خرج دائرة التأخير ١ خلال بوابة نفى (NOT) وعلى ذلك بعد مرور t_1 sec. يصبح دخل دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 1 » ويستمر خرج دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 1 » ولمدة t_2 sec. (حوالى 10 sec.)) للسماح للمشاة بالعبور خلال هذه الفترة .

بعد مرور t_2 sec يصبح خرج دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 0 » وبذلك يتم تشغيل دائرة التأخير رقم ٣ ويستمر خرج هذه الدائرة فى الحالة المنطقية « 1 » لمدة t_2 sec (حوالى 5 sec) لتحذير المشاة من العبور والتوقف . ويستخدم أيضاً خرج دائرة التأخير ٣ فى وضع الدائرة القلابه S — R فى الحالة المنطقية « 0 ».

تعمل دائرة التأخير ٤ على منع إعادة تشغيل النظام إلا بعد انقضاء وقت مقداره t_4 (حوالى 120 sec.) بضمان أن يبقى خرج بوابة « و » AND منخفضاً للفترة t_4 . .

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٩–١٤ باستخدام الدائرة المتكاملة ١/٢ رقم SN 74118 (سقاطة من نوع S — R) و ١/٤ رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية لكل منها مدخلان) و ٢/٣ رقم SN 7404 (بوابة نفى (NOT)) ثم تحقق من عمل النظام .

الفصل العاشر

الحساب الرقمى

١٠ — ١ مقدمة

تنقسم الآراء فى الحاسبات إلى مجموعتين تمثلان طرفى نقيض أولا : هناك مجـموعة تؤمن أن هذه الآلة قادرة على القيام بأى عمل وكل عمل . أما المجموعة الثانية : فتمثل الذين يؤمنون بشدة بأن الحاسبات لايمكن أن تؤدى أى عمل مفيد وأننا سوف نعود فى النهاية لاستخدام الورقة والقلم والممحاة مع العقل البشرى . من الواضح أن المجموعة الأولى تضم الآراء الأكثر تفاؤلا ودعاة التطور والتقدم أما المجموعة الثانية فتمثل الآراء المحافظة التى تعارض أى تقدم علمى وتضم دعاة التمسك بكل قديم . يجب علينا فى هذا المجال أن نتذكر أنه لايزال بعض الناس يؤمنون أن السيارة لن تحل محل الحصان وأنه مازالت توجد جمعية تدافع عن فكرة أن الأرض مسطحة بغض النظر عن قيام الإنسان بالدوران حول الأرض فى الأقمار الصناعية ورحلات رواد الفضاء الكثيرة فى العشرين عاماً الماضية . فى الحقيقة فإن كلا من هذين الرأيين قد جانبه الصواب لأن الحاسبات كأى آلة أخرى استخدمها الإنسان وطوعها لخدمته — مثل آلات الرفع الهيدروليكية التى تزيد من مقدرة الإنسان العضلية على رفع أثقل الأحمال — فإن الحاسبات تمثل امتداداً للطاقة العقلية للإنسان .

١٠ — ٢ ماهو الحاسب ؟

يعرف الحاسب الرقمى فى المعاجم اللغوية بأنه آلة تقوم بإجراء عمليات حسابية . بناء على هذا فإن عداد الجمع الذى استخدمه الأطفال أو ماكينات الجمع التى تراها فى البنوك وحتى الإنسان يمكن اعتباره يؤدى عمل الحاسب الرقمى . لكن هناك ثلاث مميزات أساسية للحاسبات الرقمية بالمقارنة للبشر :

(أ) السرعة الفائقة

(ب) السعة الكبيرة

(حـ) التذكر اللحظى (استرجاع المعلومات من الذاكرة بسرعة فائقة)

بالإضافة إلى ذلك فإن الحاسب الألكترونى لاينسى وإذا أصدرنا إليه مجموعة من الأوامر فيقوم بتنفيذها حرفياً فى كل مرة ويصل دائماً لنفس النتيجة . كما أن الحاسبات لاتتأثر بالعوامل التى تصيب الإنسان . فهى تعمل بلا كلل ولا تمرض أو تترك العمل متعللة بالذهاب للغذاء أو للراحة كما يفعل البشر .

١٠ — ٣ كيف يعمل الحاسب

يعمل الحاسب بطريقة بسيطة جداً ويمكن وصف الحاسب بأنه آلة غبية جداً ولكنها فى نفس الوقت سريعة جداً . إن الحاسب ماهو إلا آلة مصممة لأداء عمليات حسابية بسيطة بسرعة عالية جداً . تبدو الدوائر الألكترونية وأجهزة الاتصالات الموجودة بالحاسب معقدة جداً ولكن الحقيقة أن الحاسب الرقى يستطيع عمل شىء واحد فقط وهو عملية الجمع الحسابية . حتى عندما تطلب من الحاسب إجراء عمليات الطرح أو الضرب أو القسمة أو اتخاذ أى قرار بسيط فإنه يجرى عمليات جمع فقط . إن سر قوة الحاسبات هو سرعتها الفائقة . تخيل مثلا محاولة جمع عدد معين (ليكن مثلا مليوناً) مليون مرة . بالطبع يعجز العقل البشرى عن تخيل المجهود اللازم لإتمام هذه العملية . افترض الآن أنك طلبت من الحاسب ضرب عددين قيمة كل منهما مليون . سيقوم الحاسب بتنفيذ عملية الضرب هذه عن طريق تكرار جمع العدد الأول مليون مرة وسيصل للإجابة الصحيحة لهذا السؤال والإجابات الصحيحة لأسئلة كثيرة أخرى قبل أن تصل أنت إلى قلمك لإتمام عملية الضرب .

إن الحاسب ماهو إلا آلة تنفذ جميع الأوامر التى تطلب منها وبناء على المعلومات التى تعطى لها . ورغم كون الحاسب آلة غبية جداً إلا أن له فى نفس الوقت ذاكرة دقيقة وسريعة جداً . وينفذ العمليات المنطقية البسيطة بسرعة عالية جداً . لذلك إذا أردنا تشغيل الحاسب بنجاح فيجب أن نتذكر عدة مبادىء أساسية أولها : عند تعريف أى مشكلة أومسألة أو تقديم أى معلومات لحاسب لابد أن تصاغ بطريقة بسيطة جداً ودقيقة جداً فى نفس الوقت.ثانياً : يجب أن يكون حل أى مسألة مبنياً على المعلومات التى تم إعطاؤها قبلا لحاسب أو التى سيتم إدخالها لحاسب . أى لايفترض الحاسب معلومات . ثالثا:يجب كتابة المدخلات المقدمة لحاسب بلغة وبطريقة يفهمها الحاسب.أخيراً : لابد أن تعرف للحاسب وتحدد له كل خطوه أو أمر (البرنامج يجب تنفيذه للوصول للحل المطلوب . وفى هذا المجال الإشارة إلى أننا نتبع نفس الخطوات مع الإنسان العادى عن طريق إعطائه معلومات وأوامر تشغيل تصف كل خطوة من خطوات التنفيذ لكننا لانستطيع ضمان الوصول للنتائج المطلوبة لسوء الحظ .

١٠ — ٤ نفايات داخلة — نفايات خارجة (GIGO)

بعد أن عرفنا كيف يعمل الحاسب ، تعال نتخيل أننا أعطينا الحاسب معلومات غير كاملة عن مسألة معينة أوطريقة حل ناقصة لحل المسألة فماذا نتوقع ؟ فى أحسن الأحوال سيرفض الحاسب قبول هذه المعلومات الناقصة أو طريقة الحل غير الكاملة أو سيخرج لنا نتائج خاطئة فى أسرع من لمح البصر . لو أردنا تفادى حدوث هذه الأخطاء يجب أن نكون على درجة عالية من الدقة فى تعاملنا مع الحاسب ويجب علينا تفهم مبدأ جديد هومبدأ « نفايات داخلة — نفايات خارجة » (GIGO) . يقصد من هذا التعبير أن الحاسب ليس جهازاً سحرياً لكنه آلة إذا أعطيتها نفايات (فى صورة معلومات خاطئة أو غير كاملة أو طريقة حل خاطئة) فستحصل على نتائج كلها نفايات وليس لها معنى .

دعنا الآن نضرب مثالا بمحل تجارى يمسك حساباته حاسب رقى . لنفترض أن البائع أدخل لحاسب معلومة « أنه تم بيع أو صرف عشر وحدات ، ولكنه فى الحقيقة تم بيع أو صرف مائة وحدة . بالطبع سيقبل الحاسب هذه المعلومة ولن يرفضها . لنفرض الآن أن البائع أدخل لحاسب معلومة « أنه قد تم بيع أو صرف وحدة ولكن الحاسب يعرف أن المحل ليس به إلا عشر وحدات . فى هذه الحالة ، سيرفض الحاسب قبول هذه المعلومة وسيطلب من البائع إعادة إدخال هذه المعلومات وذلك لأن الحاسب رغم كونه آلة غبية جداً لكنها دقيقة تعرف أن مائة من عشرة شىء غير معقول لكن عشرة من مائة شىء معقول و (منطقى) . طالما كانت المعلومات الداخلة لحاسب منطقية بمعنى تتمشى مع المنطق السليم

لأوامر التشغيل الموجودة به فسيقبلها الحاسب بغض النظر عن صحتها أو عدم صحتها . فى نفس الوقت سيعطى الحاسب نتائج مخجلة أو تؤدى لكارثة تبعاً لدرجة أهميتها بالنسبة لمشغل الجهاز ورو حه الفكاهية لنضرب مثلا آخر بحاسب يشرف على مجموعة من المخازن ويتم إدخال الأشياء المطلوب صرفها عن طريق إدخال شفرات تمثل الشيء المطلوب صرفه لنفترض الآن أنك أدخلت شفرة خاطئة لأمر شراء أو صرف فبدلا من إدخال الشفرة التى تعبر عن براد الشاى فقد قمت بإدخال الشفرة المعبرة عن آلة طباعة وزنها ٢٠ طناً . فى هذه الحالة ، يقوم الحاسب أولا بالتأكد من وجود هذه الشفرة فى الذاكرة ثم يصدر أوامر صرف أو بيع آلة الطباعة رغم كون مشغل الجهاز فى حاجة إلى براد شاى وليس لآلة الطباعة هذه .

يترتب على عدم الدقة فى البيانات تكبد تكاليف باهظة فى عمليات تشغيل الحاسبات الرقمية . لنفترض أن تكاليف شراء وتركيب جهاز حاسب ألكترونى حوالى ربع مليون جنيه ولنفترض أيضاً أن تكاليف التشغيل والصيانة حوالى ثلاثين ألف جنيه أخرى فى العام . فإذا كان الحاسب يعمل ٢٠ ساعة يومياً لإتمام جميع التعاملات المطلوبة منه . معنى ذلك أن الجهاز يبقى بدون عمل لمدة أربع ساعات يومياً وهذا مقبول . أما إذا افترضنا أن 50 % من البيانات الداخلة يتم رفضها بسبب الأخطاء المختلفة المحتمل حدوثها . من الطبع أننا سنحتاج إلى عشر ساعات أخرى من التشغيل ومعنى هذا أن الحاسب يجب أن يعمل باستمرار لمدة ٣٠ ساعة يومياً وهذا بالطبع غير ممكن . ولمعالجة هذه المشاكل يلزم شراء حاسب آخر بتكاليف كبيرة أو العمل على التأكد من صحة البيانات الداخلة للحاسب وتقليل الأخطاء الناتجة من الإهمال لأقصى حد ممكن .

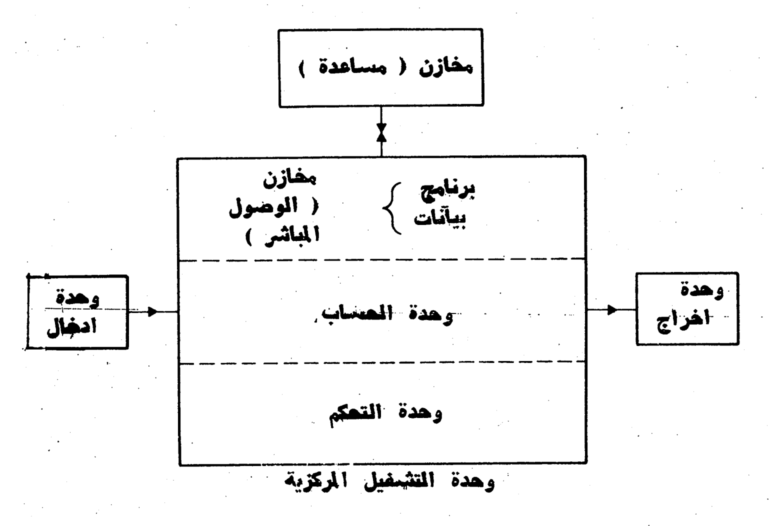
١٠ ــ ٥ العناصر المكونة للحاسب الرقمى

يقوم الحاسب الرقمى بتنفيذ سلسلة من العمليات الحسابية على البيانات تحت تحكم برنامج مخزن . يتكون هذا البرنامج من مجموعة من الأوامر تحدد سلسلة العمليات الواجب تنفيذها بالترتيب .

يشبه الحاسب الإنسان فى تعامله مع أى مسألة أو عملية فيبدأ الحاسب بتسجيل البيانات والمعلومات الأولية عن المسألة بقراءتها بطريقة أو بأخرى وإدخالها للحاسب ويطلق على هذه العملية عملية إدخال (INPUT) . يتم إخراج الجواب النهائى أو الحل الكامل للمسألة إلى خارج الحاسب فى عملية تسمى عملية إخراج (*OUTPUT*) . بين هاتين العمليتين (الإدخال والإخراج) توجد منطقة تشغيل تسمى **المشغل المركزى** (***CENTRAL PROCESSOR***) فى هذه المنطقة يتم الحصول على البيانات والبرامج من **المخازن** (***STORAGE***) كما يتم إجراء **العمليات الحسابية** (***ARITHMETIC***) ويقوم بالإشراف على كل هذه العمليات **بوحدة التحكم** (***CONTROL***) .

عادة لاتكون طاقة تخزين الذاكرة الداخلية (ذاكرة الوصول المباشر) كافية لتخزين البرنامج وكل البيانات اللازمة للتشغيل ، ولذلك تكون هناك مخازن إضافية (احتياطية) خارجية تستعمل للتخزين ، ويمكن الحصول على المعلومات منها عند الحاجة .

يتكون النظام الكامل للحاسب من وحدة التشغيل المركزية (CPU) مع عدد من الأجهزة والوحدات تسمى **الوحدات المساعدة** كما هو مبين فى شكل ١٠ ــ ١ .



شكل ١٠ – ١ العناصر المكونة للحاسب الرقمى .

لتشغيل أى حاسب رقمى يجب الحصول على وحدة التشغيل المركزية وكل الوحدات المساعدة اللازمة لعمل الحاسب ونطلق عادة على هذه الأجهزة إسم « **المكونات المادية** » (*HARDWARE*) ، وبجانب ذلك يحتاج الحاسب فى عملية التشغيل لعدد من البرامج التى تتحكم وتوجه نظام تشغيل الحاسب ويطلق على هذه اسم « **البرامج الجاهزة والملحقة** » . (*SOFTWARE*)

١٠ – ٦ المشغل المركزى

يعتبر المشغل المركزى بمثابة القلب بالنسبة للحاسب فهو الذى يتعامل مع الوظائف المنطقية والحسابية بجانب تنفيذ عمليات التحكم لتنفيذ هذه العمليات . ومن البديهى أن للحاسب وحدات ودوائر إدخال وإخراج وذاكرة لتخزين الأوامر والبيانات . فى العادة يكون لهذه الوحدات المختلفة وحدات تخزين خاصة داخلية يطلق عليها أسماء مختلفة إلا أنه غالباً تسمى بالمسجلات .

يمكن تقسيم أنواع الذاكرة إلى نوعين أساسيين . أولها ذاكرة يمكن قراءتها أكثر من مرة ولايمكن تغيير البيانات والأوامر المخزنة بها وتصنع عادة من أشباه الموصلات ويطلق عليها « **ذاكرة يمكن قراءتها فقط** » (*ROM*) . أما النوع الثانى فهو ذاكرة يمكن قراءتها أو تغيير البيانات والأوامر المخزنة فيها ويطلق عليها « **ذاكرة الوصول العشوائى** » (*RAM*) .

١٠ – ٧ الأمـــر

إن نظام الحاسب يعتمد إلى حد كبير على شكل أمر البرنامج ويبين شكل ١٠ – ٢ الأمر الذى يحتوى على عنوان واحد .

شفرة العملية	عنوان

شكل ١٠ – ٢ شكل الأمر ذو العنوان الواحد

تحدد شفرة العملية نوع العملية أو سلسلة العمليات التى سوف يجرى تنفيذها على البيانات المخزنة فى المكان الذى يحدده الرقم المكتوب فى الجزء الخاص بالعنوان .

عندما يحتوى الأمر على عنوانين تتعامل شفرة العنوان مع عنوانين فمثلا يكون الأمر كالتالى : اجمع محتويات العنوان الأول إلى محتويات العنوان الثانى . أما فى حالة الأمر ذى العناوين الثلاثة فيحدد العنوان الثالث مثلا مكان تخزين نتيجة جمع بيانات العنوانين الأولين .

فى بعض الحالات يمكن أن يحدد الأمر مسجلا معيناً بحيث تستخدم محتويات هذا المسجل (البيانات المختزنة فيه) لتعديل الرقم المكتوب فى الجزء الخاص بالعنوان وذلك بإضافتها له مثلا . بذلك يمكننا استخدام نفس مجموعة الأوامر لتنفيذ العمليات على بيانات مخزنة فى مواضع تختلف عن العناوين المكتوبة فى الجزء الخاص بالعنوان . يتم جمع محتويات هذا المسجل إلى الجزء الخاص بالعنوان أثناء عملية التشغيل فقط .

١٠ – ٨ التخزين

يمكن تلخيص استعمالات وحدات التخزين فيما يلى :

(أ) تخزين البرنامج

(ب) تخزين البيانات

(جـ) تخزين أى ثوابت نحتاجها فى عمليات التشغيل .

(د) تخزين نتائج مرحلية خلال التشغيل .

(هـ) تخزين النتائج النهائية قبل طبعها .

يؤثر على عملية التخزين عاملان فى غاية الأهمية هما **سرعة التخزين وطاقة التخزين** . ومن الضرورى موازنة العاملين لتقليل نفقات استخدام الحاسب . من المعروف أن سرعة الحسابات فى الحاسب تعتمد على سرعة تبادل البيانات بين المخازن والوحدة الحسابية ولذلك يتم تخزين البيانات المستخدمة مباشرة فى الحسابات فى ذاكرة سريعة جداً ولكنها صغيرة الحجم نسبياً . فى نفس الوقت يتم تخزين البيانات التى لاتحتاجها الحسابات مباشرة فى ذاكرة أبطأ ولكنها ذات طاقة تخزين كبيرة جداً . لهذا يتم تخزين البيانات التى نحتاجها فى العمليات الحسابية وعمليات التشغيل فى ذاكرة الوصول السريع مثل ذاكرة القلوب الحديدية أو ذاكرة أشباه الموصلات من نوع (RAM) أما باقى البيانات التى لاتدخل فى عمليات التشغيل مباشرة فيتم تخزينها فى مخازن بطيئة نسبياً مثل الأقراص والشرائط الممغنطة . يتم نقل مجموعات البيانات بين الذاكرة البطيئة والذاكرة السريعة عندما يتطلب عمل البرنامج وذلك .

١٠ – ٩ وحدة الحساب

تتكون هذه الوحدة من مجموعة من المسجلات والدوائر المنطقية التى تتصل ببعضها بحيث تنفذ العمليات التى تمليها عليها وحدة التحكم . والمسجل عبارة عن مخزن يحتوى على رقم أو مجموعة أرقام لأى فترة زمنية تتطلبها عمليات التشغيل.

من أهم المسجلات الموجودة بالحاسب مسجل يطلق عليه اسم **المركم** . ويمكن وصف وظيفة هذا المسجل باستخدام أمر **تفضية وجمع** وتقوم الوحدة الحسابية عند تنفيذ هذا الأمر بتخزين القيمة صفر فى المركم ثم يتلو ذلك نقل الرقم الموجود بالمخزن الذى يحدده العنوان المذكور فى الأمر من الذاكرة إلى المركم . ويمكن ترجمة **هذا الأمر** إلى « ضع صفراً ثم اجمع قيمة من العنوان المذكور » – أما إذا ضربنا مثالا آخر بأمر « أجمع » فإن وحدة الحساب ستقوم بجمع الرقم المخزن فى العنوان المذكور مع الأمر إلى محتويات المركم . هذه هى أساسيات العمليات التى يتم إجراؤها فى وحدة الحساب والتى تستخدم أيضاً عدداً آخر من المسجلات المساعدة عندما يتطلب الأمر ذلك .

١٠ — ١٠ وحـــدة التحكم

تتكون وحدة التحكم من الأجزاء الرئيسية التالية :

(أ) **مسجل الأمر** : والذى يخزن الأمر الجارى تنفيذه .

(ب) **محلل الشفرة** والذى يقوم بفك شفرة العمليات الموجودة فى الأوامر ويحولها إلى إشارات كهربية تتحكم فى الدوائر المنطقية التى تقوم بتنفيذ الأوامر المختلفة .

(جـ) **مسجل العنوان** : والذى يحتوى على الجزء الخاص بالعنوان فى الأمر الجارى تنفيذه بحيث يتم الحصول على أو كتابة البيانات فى هذا العنوان من الذاكرة .

(د) **مسجل تسلسل عمليات التشغيل** : والذى يحتوى على عنوان الأمر الجارى تنفيذه وعند إتمام تنفيذ هذا الأمر تزاد القيمة الموجودة بهذا المسجل بواحد . بذلك يصبح عنوان الأمر الجارى تنفيذه هو العنوان التالى للأمر السابق تنفيذه . وينقل هذا العنوان إلى مسجل العنوان حتى نحصل على الأمر الجديد من الذاكرة . يجب ملاحظة أننا افترضنا أن مجموعة الأوامر الممثلة للبرنامج مخزنة فى مخازن متجاورة بحيث يكون الفرق بين عنوان كل أمروالأمر التالى له واحداً . كما يجب ملاحظة أنه فى بعض الأحيان تتطلب عملية التشغيل الانتقال من أمر معين إلى أمر آخر غير مجاور له إما بدون شروط أو تبعاً لنتائج حصلنا عليها من أوامر سابقة ويستخدم فى هذه الحالة أمر انتقال .

١٠ — ١١ وحـــدة الادخال

تستقبل **وحدات الإدخال** البرنامج عن طريق وسط مناسب مثل البطاقات أو الشرائط الورقية المثقبة أو عن طريق نهاية طرفية من نوع (TTY) مثلا . بعد ذلك يتم إدخال البيانات (بنفس الطريقة) ونقلها لوحدات التخزين لتنتظر إجراء عمليات التشغيل عليها بعد فترة ، أو نقلها للحاسب مباشرة ليتم تشغيلها فى نفس وقت إدخالها تقريباً . لاتوجد أى قيود على نوع وحدات الإدخال المستخدمة فى الحاسبات . ذلك لأن وحدة الإدخال تعمل أساساً لعزل عمليات الإدخال التى تجرى بمعدل معين عن عمليات تشغيل هذه العمليات والتى تجرى بسرعة أعلى جداً فى العادة ومن وحدات الإدخال المشهورة مايلى :

(أ) **قارىء الشريط الورق** : تستعمل هذه الوحدة شريطاً ورقياً عرضه حوالى بوصة واحدة ويمكن تثقيبه فى ثمانية مواضع بالعرض . يتم تمثيل الحروف والأرقام والإشارات الخاصة المستخدمة بالتوافيق المختلفة لهذه المواضع الثمانية باستخدام شفرة خاصة . كما يتم قراءة هذه الشفرة باستخدام الطرق الكهروضوئية وتصل سرعة قراءة الشريط إلى 1000 حرف / ثانية . يحتوى عادة الشريط على عشرة حروف لكل بوصة من طوله .

(ب) قارىء البطاقات : تستخدم هذه الوحدة بطاقات ورقية أبعادها التقريبية $7\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{4}$ بوصة وتحتوى كل بطاقة على 80 عموداً رأسياً . يستطيع كل عمود تخزين حرف واحد باستخدام شفرة خاصة من الثقوب فى العمود نفسه تم قراءة البطاقات المثقبة باستخدام الطرق الكهروضوئية بسرعة 800 بطاقة فى الدقيقة تقريباً (حوالى 1000 حرف / ثانية)

(ﺟ) قارىء من البعد : يستعمل عادة كنهاية طرفية متصلة بالحاسب من بعد . وتم عملية الإدخال إما بشريط ورق مثقب أو عن طريق الكتابة على مفاتيح هذا القارىء والتى تشبه مفاتيح الآلة الكاتبة .

(د) آلة كاتبة متحكمة طرفية : يستعمل هذه الوحدة عامل التشغيل لتوجيه أوامر التشغيل والتحكم للحاسب ولا تستخدم فى العادة كوحدة مساعدة فى عمليات الإدخال العادية .

١٠ — ١٢ وحدة الاخراج

تقوم وحدات الإخراج : بإرسال البيانات التى تم تشغيلها من وحدات التخزين إلى وسط إخراج مناسب مثل الشريط الورقى المثقب أو البطاقات الورقية المثقبة أو آلة طباعة السطور أو بثها على خطوط اتصالات لأماكن بعيدة . تعمل هذه الوحدات كحاجز مرحلى بين الحاسب الذى يرسل البيانات بسرعة كبيرة وجهاز الإخراج الذى تكون سرعته محدودة . ومن أشهر وحدات الإخراج الوحدات التالية :

(أ) مثقب الشريط الورقى } يقتصر استعمال كل منهما على البيانات التى سوف نقوم بإدخالها
(ب) مثقب البطاقات } للحاسب مرة أخرى لتشغيلها .

(ﺟ) طابع السطور : ويمكن لطابع السطور التعامل مع كميات ضخمة من البيانات المطلوب إخراجها بسرعة كبيرة . يقوم طابع السطور بطبع سطر كامل فى كل مرة وبسرعات عالية قد تصل إلى 1000 سطر فى كل دقيقة ويمكن أن يحتوى السطر على 160 حرفاً .

(د) طابع من بعد : يمكن استخدامه بدلا من طابع السطور فى حالة عدم توافره .

(ﻫ) آلة كاتبة وتحكم : إمكانيات هذه الآلة محدودة فى عمليات الإخراج وتستخدم أساساً لتبادل الإشارات والرسائل بين الحاسب وعامل تشغيله أثناء تنفيذ عمليات التحكم والتشغيل .

١٠ — ١٣ تطبيقات الحاسبات

دخلت الحاسبات وتطبيقاتها إلى شتى المجالات والأنشطة الإنسانية . ورغم فشل بعض هذه التطبيقات لكن الحاسبات بدون شك — قد حققت نجاحات متعددة فى أغلب المجالات . يمكننا تقسيم تطبيقات الحاسبات إلى ثلاثة مجالات رئيسية :

(أ) الحسابات العلمية والفنية .

(ب) المشروعات التجارية .

(ﺟ) الأنشطة العسكرية وعلوم الفضاء .

كانت فروع العلوم المتصلة بالرياضة اتصالا وثيقاً هى أكثر فروع العلم تأثراً بالحاسبات مثل علوم الفلك والملاحة والطبيعة والكيمياء . ولقد ظهرت تطبيقات للحاسبات فى هذه العلوم مثل : تجهيز جداول الملاحة والفلك

أو حساب مدارات الأقمار الصناعية أو تصميم المحطات الذرية أو تحليل وتشغيل البيانات المسجلة فى نفق هوائى لتصميم الطائرات أو تحليل البيانات المسجلة فى رحلة طائرة أو تحليل صور الأشعة السينية أو تصميم نظم جديدة للحاسبات .

يمكن تقسيم تطبيقات الحاسبات فى المجال التجارى لمجالين أساسين أولهما العمليات الإدارية وثانيهما العمليات الصناعية . ويمكن مثلا استخدام الحاسبات بنجاح تام فى حسابات الأجور ومسك دفاتر الشركات وعمليات المخازن فى المحال التجارية الكبيرة . كما تستخدم الحاسبات للتحكم فى تخطيط الإنتاج والإشراف على نقل المواد وتحضير التقارير الدورية لجهات الإدارة العليا كما أننا نجد تطبيقات أخرى للحاسبات فى شركات التأمين وبورصة الأوراق المالية والجهات الحكومية المختلفة . توجد أيضاً تطبيقات متخصصة فى مجالات النقل والسياحة وفى شركات الطيران والفنادق لعمليات الحجز والتحكم فى نقل البضائع .

بالنسبة للمجالات العلمية والمكتبية فإن الحاسب يستخدم أساساً فى إجراء العمليات الحسابية وفى تخزين المعلومات . أما فى التطبيقات الصناعية والاستخدامات العسكرية وفى مشاريع الفضاء فإن الحاسب يقوم بالتحكم فى نظم التشغيل ويتدخل مباشرة فى إصدار أوامر بدء وتعديل أو إيقاف الأنشطة المختلفة لهذه النظم .

١٠ ــ ١٤ التطور التاريخى للحاسبات

مرت الحاسبات فى مجموعة من الأطوار تعتبر دراستها ذات أهمية خاصة بالنسبة للمهندسين والفنيين . فقد أدى الحاسب الصغير (*MINICOMPUTER*) منذ عدة سنوات إلى تصميم اقتصادى لنظم التحكم الصناعى المبنية على استخدام الحاسبات وانتشر هذا الاستخدام انتشاراً كبيراً . كما أدى ظهور المشغل الدقيق (*MICROPROCESSOR*) إلى تغيير آخر واحتلت أخباره العناوين الرئيسية فى الصحف ويتكون هذا المشغل الدقيق من رقيقة لدائرة متكاملة واحدة ، وتستخدم فى أغلب الحالات – ولكن ليس جميعها – دوائر من نوع (MOS) . يتم توصيل هذه الدائرة مع مجموعة أخرى من الدوائر لإتمام عمليات الإدخال والإخراج والتخزين فى الذاكرة . وتستخدم هذه الوحدات المساعدة دوائر من نوع MOS أو من نوع TTL .

هناك عدد كبير من الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية (LSI) أو المتوسطة (MSI) متوافرة فى الأسواق وتستخدم دوائر TTL أو دوائر MOS . وتصمم المشغلات الدقيقة فى العادة بحيث يمكن توصيلها على دوائر TTL . تباع الآن دوائر من نوع TTL تعمل كعدادات ومسجلات ومسجلات إزاحة ومسجلات تخزين RAM و PROM و ROM ودوائر تكوين شفرة أو محللات للشفرة أو مجمعات إشارة . . . الخ الخ .

الفصل الحادى عشر

الذاكرة فى الحاسب

١١ — ١ مقدمة

تتكون **ذاكرة الوصول المباشر** لوحدة التشغيل المركزية (CPU) من مصفوفة من خلايا التخزين التى يمكن عنونتها والوصول لأى خلية منها بسرعة عالية . ويتم تحديد عنوان الخلية للحصول على محتوياتها عن طريق إحداثيات الخلية الأفقية والرأسية X و Y للمصفوفة . استخدمت ذاكرة **القلوب الحديدية** المغناطيسية كوحدات تخزين للحاسبات الكبيرة ولكن منذ اختراع نظم الحاسبات الصغيرة والحاسبات الدقيقة والتقدم الملحوظ فى تكنولوجيا أشباه الموصلات وبخاصة فى مجال تصنيع الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية جداً (LSI) فقد بدأ ظهور وانتشار ذاكرة مصنوعة من أشباه الموصلات فى مجالات الحاسبات وبخاصة فى مجالات الحاسبات الدقيقة . وبالرغم من ذلك ما زالت ذاكرة القلوب الحديدية تستخدم فى بعض الحاسبات الكبيرة وذلك لأسباب عديدة منها تغيير طرق تصنيع هذا النوع من الذاكرة ليلائم متطلباتها السوق ولثقة المشترين فى كفاءتها وتاريخها الطويل . وهناك اتجاه لإنتاج ذاكرة القلوب الحديدية فى وحدات يمكن توصيلها مباشرة على الحاسبات الصغيرة والدقيقة .

يتم توصيل ذاكرة الوصول المباشر إلى وحدة التحكم المركزية (CPU) عن طريق **حاجز وسيط مرحلى** . ويستخدم هذا الحاجز المرحلى أيضاً لكتابة البيانات فى الذاكرة إذا فقدت بعد عملية القراءة .

ترجد أنواع مختلفة من الذاكرة المصنعة من أشباه الموصلات مثل ذاكرة الوصول العشوائى (RAM) ، وذاكرة يمكن قراءتها فقط (ROM) ، وذاكرة يمكن قراءتها ويمكن برمجتها (PROM) ، وذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ويمكن مسحها باشعاع فوق البنفسجى (EPROM) وذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ومسحها وإعادة كتابتها باستخدام نبضات كهربية (EAROM) ، يتم تصنيع هذه الأنواع باستخدام أشباه الموصلات ثنائية التوصيل ، MOS ، CMOS ، NMOS ، I^2L ، الفقاعات المغناطيسية أو النبائط المتصلة بالشحنات الكهربية وحديثاً تم استخدام **ذاكرات هيلو جرافية** .

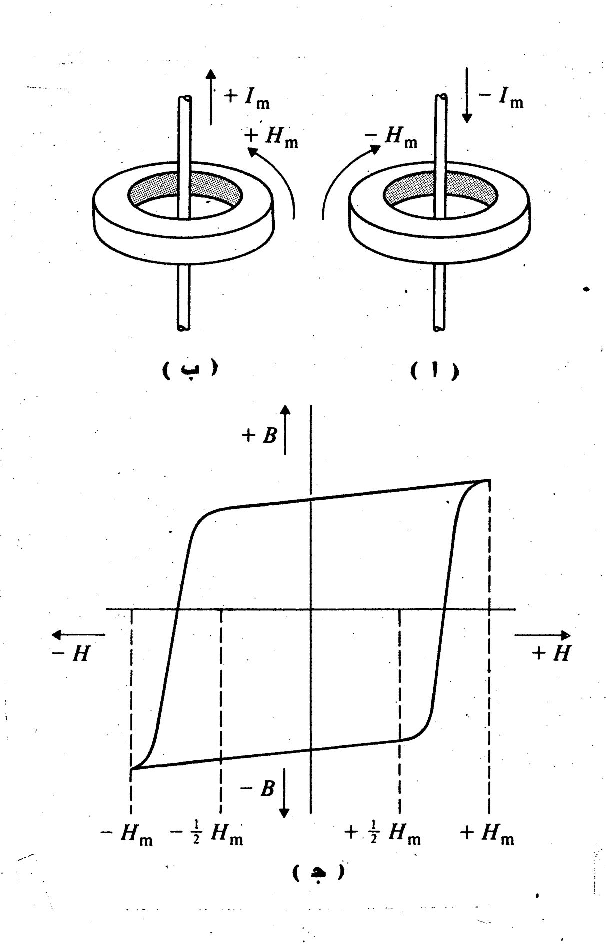
يمكن زيادة طاقة التخزين باستخدام وحدات تخزين بطيئة ذات سعة كبيرة مثل الشريط الممغنط أو القرص الممغنط أو الاسطوانة الممغنطة . يشار لهذا النوع من وحدات التخزين باسم **وحدات التخزين الاحتياطية** . وتعتبر هذه الأجهزة من الوحدات المساعدة لوحدة التحكم المركزية .

سنستعرض فى هذا الفصل المبادئ والطرق الأساسية للعديد من نظم الذاكرة المستخدمة فى الحاسبات اليوم .

١١ — ٢ مخازن القلوب الحديدية

تتكون ذاكرة القلوب الحديدية من مصفوفات من القلوب الحديدية يمر خلالها أسلاك وتتجمع فى مجموعات

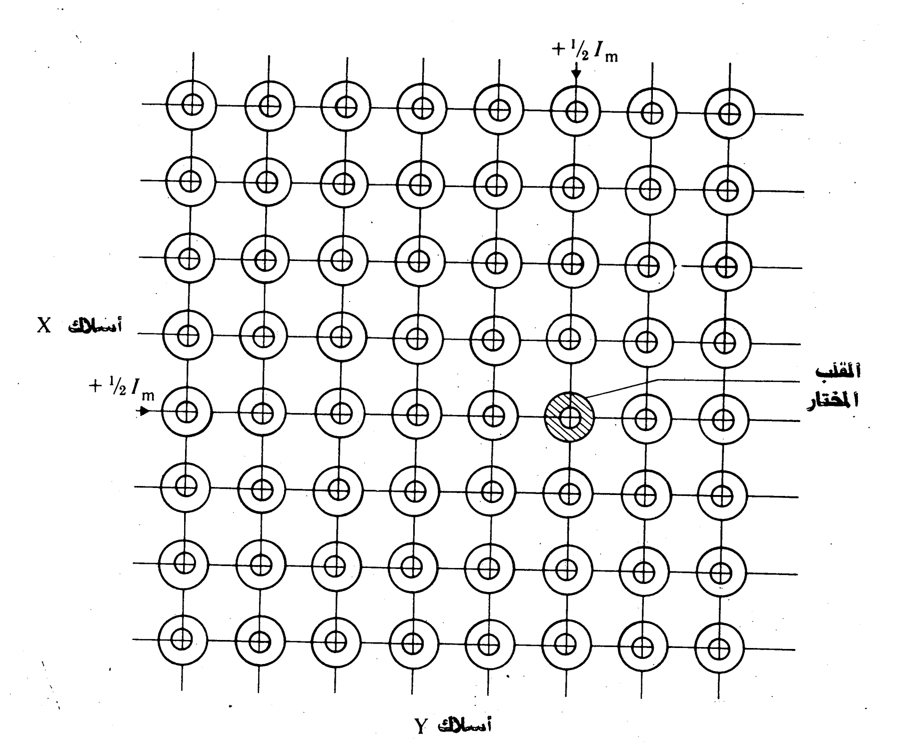
بحيث تعرف كل مجموعة منها بعنوان أو مكان . وتسمى المجموعة الواحدة بكلمة الحاسب أو البايت ويتم تخزين وحدة بيانات أو أمر برنامج فى هذه الأماكن . يتحدد طول الكلمة تبعاً لنوع الحاسب ويكون فى العادة بين ٨ إلى ٤٨ رقم ثنائى . يتم التعبير عن السعة الكلية للتخزين بوحدات كيلو كلمة حيث يمثل الكيلو الواحد عدد ١٠٢٤ كلمة (أى ٢^١٠) . ويكون قطر كل قلب حديدى فى حدود ٠,٤ ملليمتر (أى حوالى ٠,٠١٥ من البوصة) .



شكل ١١ — ١ عملية مغنطة القلب الحديدى .

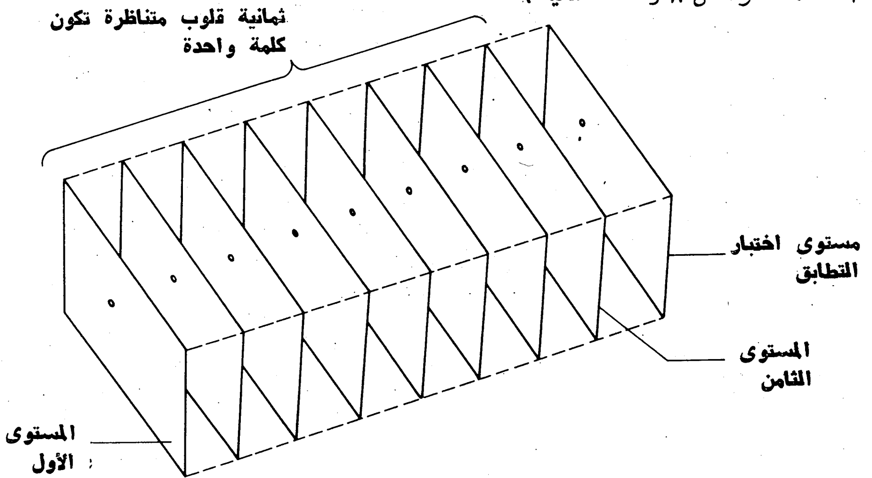
(أ) مغنطة موجبة (ب) مغنطة سالبة (جـ) العلاقة المغناطيسية

يمكن مغنطة القلب الحديدى فى أى من اتجاهى المغنطة بإمرار تيار كهربى ثابت القيمة قيمته I_m أمبير فى سلك ثم وقف مروره كما هو مبين فى شكل ١١ — ١ (يلاحظ إمكانية إمرار التيار فى أى من الاتجاهين الموجب أو السالب) . فى حالة مصفوفة القلارب الحديدية ، يمر خلال كل قلب حديدى سلك X وسلك Y وبذلك يمكننا أن نختار أى قلب حديدى بتحديد قيم X و Y المناسبة ثم إمرار نصف التيار ($\frac{1}{2} I_m$) اللازم لمغنطة القلب فى أى منهما كما هو موضح فى شكل ١١ — ٢ .



شكل ١١ – ٢ اختيار قلب من المصفوفة .

يتم تنسيق القلوب الحديدية فى مصفوفات بحيث تقع كل مصفوفة فى مستوى بحيث تمثل القلوب المتناظرة فى المستويات المختلفة كلمة فى الحاسب . يلاحظ استخدام مستوى إضافى كإشارة **لاختبار التطابق** كما هو موضح فى شكل ١١ – ٣ لكلمة مكونة من ٨ وحدات ثنائية .



شكل ١١ – ٣ طريقة تمثيل كلمة حاسب مكونة من ٨ وحدات ثنائية .

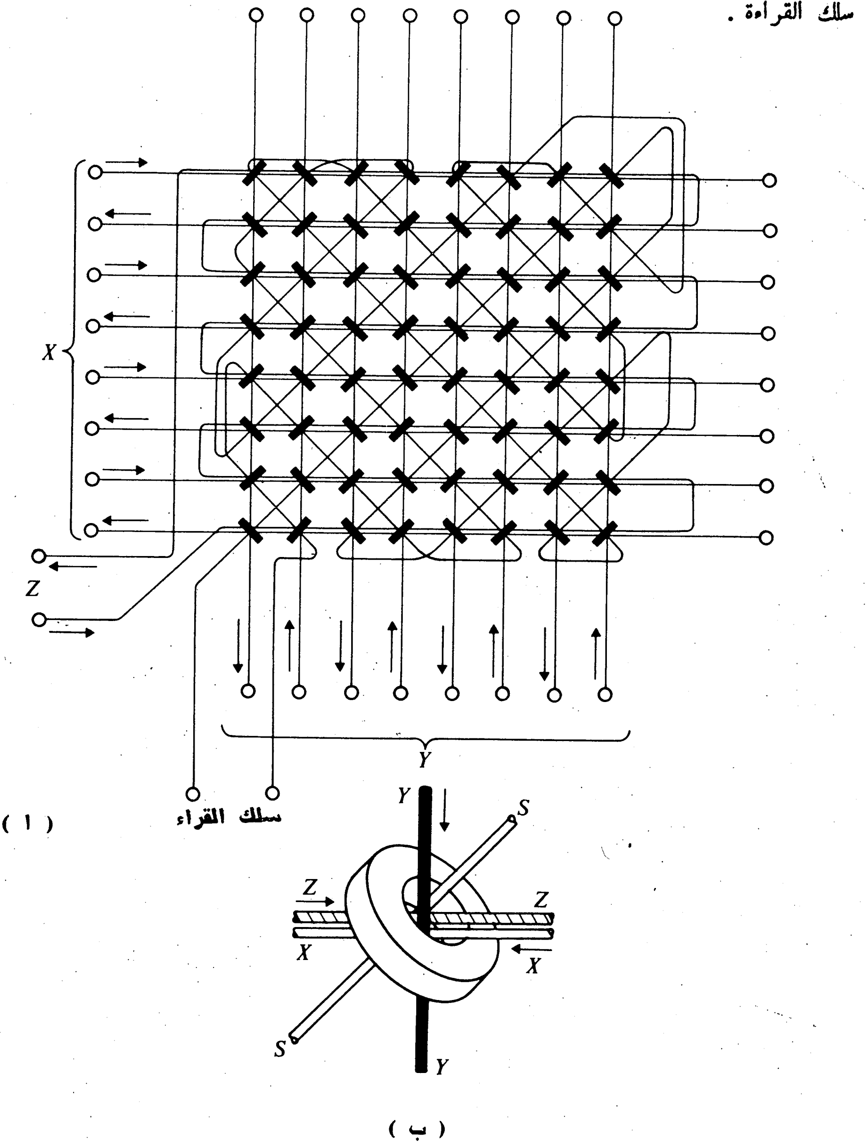
يمر خلال كل قلب حديدى فى المصفوفة أربعة أسلاك وتعرف كالتالى :

(أ) سلك X

(ب) سلك Y

(جـ) سلك Z

(د) سلك القراءة .



شكل ١١ – ٤ مصفوفة القلوب الحديدية وتوصيلات الأسلاك بها .

(أ) المصفوفة (ب) قلب حديدى واحد .

فى كل مصفوفة يمر سلك Z واحد وسلك قراءة واحد فى كل قلب من هذه المصفوفة كما هو موضح فى شكل ١١ – ٤ .

١١ – ٣ القراءة والكتابة فى الذاكرة

عند مرور تيار يساوى نصف قيمة التيار اللازم لمغنطة قلب حديدى فى كل من سلكى X و Y فى نفس الوقت ، ينتج تيارا كافيا داخل القلب لمغنطة القلب المطلوب والواقع على تقاطع سلكى X و Y . يتم تنفيذ العمليات الأربع التالية فى ذاكرة القلوب الحديدية :

(أ) **دورة القراءة** تتم قراءة محتويات القلب الحديدى بكتابة القيمة المنطقية « 0 » واكتشاف التغييرات التى تحدث فى حالة القلب . ويتم ذلك باستخدام سلك القراءة S المار بكل قلب حديدى فى المصفوفة بحيث أنه لو حدث تغيير فى حالة القلب يظهر تيار منتج بالحث فى السلك S . وبذلك إذا كانت الحالة الأولية للقلب هى « 0 » لا يحدث تغيير فى حالة القلب ولا يظهر تيار حثى على السلك S . أما إذا كانت الحالة الأولية للقلب « 1 » فيظهر تيار الحث فى السلك S .

(ب) **دورة إعادة الكتابة** بعد دورة القراءة تصبح كل القلوب التى تمت قراءتها فى الحالة « 0 » ولذلك يجب إعادة المعلومات الأصلية التى تمت قراءتها وذلك بإعادة كتابة المعلومات فى هذه القلوب .

فى هذه الدورة يتم إمرار تيار عكسى فى كل من أسلاك X و Y بقيمة كافية لمغنطة القلوب للحالة « 1 » . ولكن لأن بعض هذه القلوب كانت حالته الأصلية هى « 0 » فإننا نستخدم سلك Z لمنع هذه القلوب من التغير من الحالة « 0 » إلى « 1 » . لذلك فإنه عند قراءة « 0 » من قلب معين يتم إمرار تيار فى سلك المنع الخاص بهذا القالب بحيث تكون قيمته مساوية للتيار المار فى أى من سلكى X أو Y ولكن فى اتجاه عكسى . لذلك فإن مجموع التيارات المارة فى القلب تصبح غير كافية لتغيير حالته من « 0 » إلى « 1 » .

(جـ) **دورة الكتابة** تشبه هذه الدورة دورة إعادة الكتابة ولكن يتم توصيل تيار للسلك Z أو عدم توصيله بناء على المعلومات المطلوب كتابتها . ويلاحظ أن دورة الكتابة تسبقها دائماً دورة قراءة .

(د) **التحقق من البيانات** هذه طريقة تستخدم للتحقق من صحة البيانات المنقولة . فى حالة استخدام « **اختبار التطابق الفردى** » يكون مجموع عدد الإشارات المنطقية ذات القيمة « 1 » فى الكلمة المنقولة فردياً (هذا المجموع يشمل الرقم الثنائى اللازم للتحقق من البيانات) أما فى حالة استخدام « **اختبار التطابق الزوجى** » يكون مجموع عدد الإشارات المنطقية ذات القيمة « 1 » زوجياً (هذا المجموع يشتمل أيضاً على الرقم الثنائى للتحقق من البيانات) .

يتم اختبار صحة الكلمة بعد كل دورة للتحقق من دقة البيانات وللتأكد من نجاح عملية نقل البيانات . ويعتبر اختبار التطابق الفردى أكثر ذيوعاً من اختبار التطابق الزوجى .

إن ذاكرة القلوب الحديدية تمثل نظاماً للوصول المباشر بحيث يكون لكل موضع عنوان ويكون **وقت الوصول** للمعلومات فى حدود $2\mu S$ (جزءين من مليون جزء من الثانية) وهذا الوقت ثابت لا يتغير بتغير موضع البيانات فى الذاكرة . وتتميز ذاكرة القلوب الحديدية بصغر استهلاكها للطاقة وصغر حجمها بالإضافة إلى درجة عالية من الاعتمادية .

١١ — ٤ مخازن الغشاء الرقيق

لتصنيع هذا النوع يتم ترسيب طبقة رفيعة جداً من سبيكة من الحديد والنيكل على الزجاج وعند وجود مجال مغناطيسى قوى يعمل هذا الغشاء الرقيق كمغناطيس يمكن مغنطته فى أحد اتجاهين متوازيين يمثلان الإشارتين المنطقتين « 1 » و « 0 » يتم تركيب نظام الذاكرة لهذا النوع من المخازن بطريقة مشابهة لذاكرة القلوب الحديدية إلا أننا نستخدم شرائح رفيعة من المعدن على سطح الزجاج بدلا من الأسلاك فى ذاكرة القلوب الحديدية .

يتم وضع خط موصل واحد لكل صف أو عمود من صفوف أو أعمدة عناصر الغشاء الرقيق فى كل مستوى وهناك خط قراءة واحد لكل مستوى . يستخدم أيضاً خط كلمة لاختيار العنصر المطلوب من مستوى . ويتم وضع عناصر التخزين بحيث تقع بين الشرائح الموصلة خلال عملية التصنيع .

برغم استهلاك هذه المخازن لقدر أقل من الطاقة وصغر وقت الوصول المطلوب بحيث يصل إلى حوالى $0.2\mu s$ فإن الإشارة الناتجة تكون صغيرة جداً بحيث تحتاج لتكبير عال .

١١ — ٥ مخازن أشباه الموصلات

يتوافر الآن عدد كبير من أنواع الذاكرة المصنعة من أشباه الموصلات وبرغم عدم وجود مواصفات قياسية لهذا النوع من الذاكرة حتى الآن فإن هناك مجموعة من الأشكال ومن توصيلات الأرجل من الممكن استعمالها مع منتجات مصنعى دوائر أشباه الموصلات الآخرين . من أهم مزايا ذاكرة أشباه الموصلات احتلالها لمساحة صغيرة علاوة على صغر وقت الوصول للمعلومات بها . بالإضافة إلى ذلك يتحتم أن تكون غير **مدمرة** للمعلومات . أى يجب أن تحتفظ بالمعلومات المخزنة حتى لو قطع الجهد الكهربائى المغذى لها . عادة ماتكون الذاكرة غير المدمرة من النوع ROM **(ذاكرة للقراءة فقط)** .

يحتاج مصنعو هذه الذاكرة إلى تحديد شيئين أولها العملية الصناعية المستخدمة وثانيهما تصميم الخلية المطلوب . فمثلا الخلايا من النوع أشباه الموصلات ثنائية التوصيل لها زمن وصول سريع جداً ولكن تكون كثافة عناصر التخزين أقل (كثافة العناصر تعرف بأنها عدد العناصر الممكن تصنيعها فى وحدة المساحات) . فى نفس الوقت تتميز طرق تصنيع MOS و CMOS بأن زمن الوصول بطىء نسبياً ولكن كثافة التخزين عالية جداً . يلاحظ أن دوائر الذاكرة تختلف عن النظم المنطقية العادية فى أنها تحتوى على عدد كبير جداً من الخلايا المتكررة ولذلك يمكن الحصول على كثافة أعلى عند تصنيع عناصر الذاكرة . يمكن تفسير بطء زمن الوصول فى نبائط أشباه الموصلات أحادية التوصيل إلى وجود المكثفات الطفيلية المتصلة بكتلة السليكون المستخدمة وجار التغلب على هذه المشكلة باستخدام طرق تصنيع حديثه مثل السيليكون على السفاير (SOS) و (NMOS) والطرق الأحدث مثل VMOS و (*AMI*) .

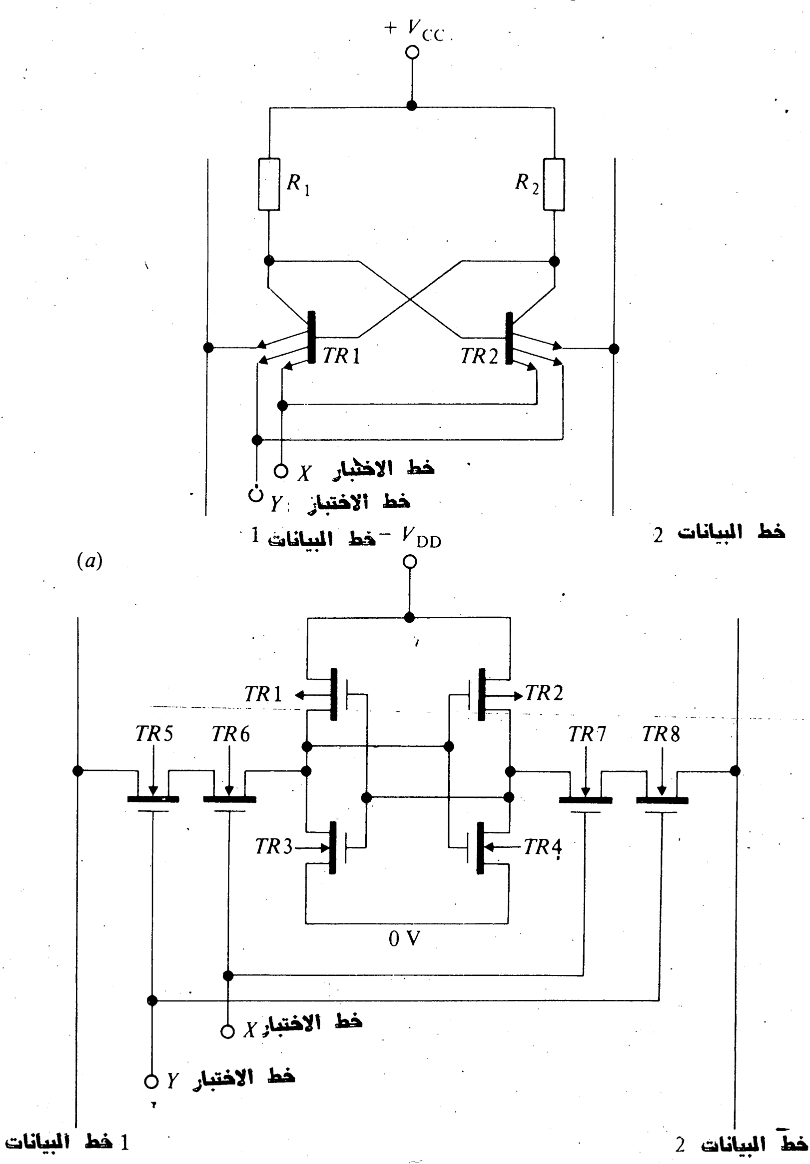
يمكن تقسيم خلايا التخزين إلى نوعين أولها **استاتيكى** بمعنى أن المعلومات المخزنة تظل ثابتة طالما استمر وجود تيار التغذية الكهربائى . وثانيهما ديناميكى بمعنى أن المعلومات يحتفظ بها على هيئة شحنات كهربائية فى مكثفات بحيث يجب تجديدها دورياً فى **دورة تجديد** لتعويض الشحنة المتسربة من المكثفات .

١١ — ٦ ذاكرة الوصول المباشر (RAM) من أشباه الموصلات

العنصر الأساسى فى هذه الذاكرة هو الدائرة القلابة ويتم وضع الدوائر القلابة المكونة لهذه الذاكرة فى منظومة بحيث يمكن اختيار أى عنصر عن طريق سلكى اختبار X و Y بطريقة مشابهة لطريقة اختيار قلب حديدى فى ذاكرة

الوصول المباشر ذات القلوب الحديدية . فى هذه الحالة تتكون الكلمة من مجموعة أوصف من الخلايا بحيث يمكن عنونتها كلها فى نفس الوقت .

يوضح شكل ١١ – ٥ (أ) خلية من خلايا الذاكرة الاستاتيكية لأشباه الموصلات ثنائية القطبية . عندما يكون الجهد المتصل بالسلكين X و Y جهداً منخفضاً يمر تيار فى الترانزستور TR1 أو TR2 تبعاً للمعلومة المخزنة فى الخلية إلى خطى X و Y ذوى الجهد المنخفض .



شكل ١١ – ٥ ذاكرة أشباه الموصلات للوصول المباشر أو العشوائى (RAM) (أ) باستخدام عناصر من أشباه الموصلات ثنائية القطبية . (ب) باستخدام عناصر من أشباه الموصلات أحادية القطبية من نوع (CMOS)

لقراءة الخلية يتم رفع جهد خطى الاختيار X و Y إلى جهد موجب بحيث يتحول هذا التيار المار فى أى من TR 1 أو TR 2 إلى خطى البيانات . يلاحظ أن التيارين المارين فى خطى البيانات يكونان غير متساويين مما يدل على الحالة المنطقية للخلية . للكتابة فى الخلية يجب رفع جهد خطى الاختيار X و Y إلى جهد موجب والاحتفاظ بجهد خط البيانات موجباً أو سالباً تبعاً للترانزستور المراد وضعه فى حالة توصيل (ON) .

يبين شكل ١١ — ٥ (ب) خلية تخزين استاتيكية بسيطة باستخدام ترانزستورات من أشباه الموصلات آحادية القطبية من نوع CMOS وتستخدم هذه الخلية نبائط ذات قناة من نوع n للعنونة ، يتميز هذا النوع من الخلايا بسرعة وصول عالية (فى حدود 200 ns) واستهلاك أقل للطاقة بالنسبة لخلايا أشباه الموصلات ثنائية القطبية . يلاحظ أن خطى البيانات لايتصلان بخلية الذاكرة إلا عندما يكون كل من سلكى الاختيار X و Y ذى جهد سالب .

يمكن الآن الحصول على ذاكرة وصول عشوائى (RAM) ذات سعة تصل إلى 4 K أرقام ثنائية (يعرف 1 K على أنه 1024) فى دائرة متكاملة واحدة ذات ٢٢ رجلا للتوصيل أو ١٦ رجل توصيل فى تغليفه من نوع (DIL) . ومن المتوقع فى المستقبل القريب أن يصبح من الممكن الحصول على دائرة متكاملة واحدة تمثل ذاكرة وصول عشوائى لتخزين 16 K رقماً ثنائياً (*)

١١ — ٧ ذاكرة الوصول العشوائى الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات

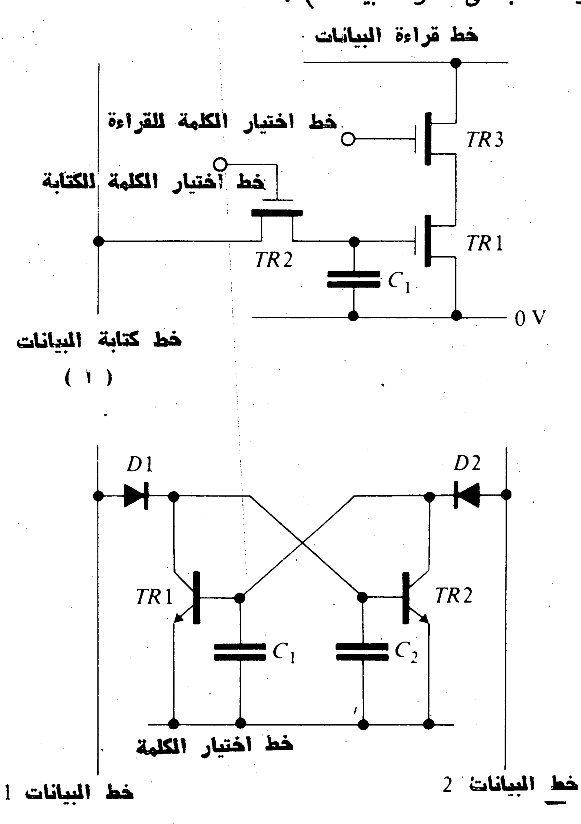
يمكن الحصول على كثافة تخزين عالية باستخدام ذاكرة الوصول العشوائى الديناميكية بالنسبة للذاكرة الاستاتيكية ويتوافر الآن دوائر متكاملة تحتوى الواحدة منها على 16 K رقماً ثنائياً من الذاكرة الديناميكية مع احتمال الوصول إلى سعات تخزين فى حدود 32 K رقماً ثنائياً فى المستقبل القريب من هذا النوع . يتميز نظام الذاكرة الديناميكية بسرعته وقلة الطاقة المستهلكة ولكنه يعانى من مشكلة تسرب الشحنة المخزنة فى مكثف التخزين مما يعنى وجوب تجديد شحن هذا المكثف باستمرار (فى العادة يتم إعادة شحن المكثف كل بضعة أجزاء من الألف جزء من الثانية) .

لقد تم تصميم وتطوير دوائر كثيرة مختلفة من هذا النوع من الذاكرة منها الدائرة البسيطة الموضحة فى شكل ١١ — ٦ (أ) والتى تستخدم ثلاثة ترانزستورات من نوع MOS حيث يتم تخزين الشحنة فى المكثف C_1 . إذا كان الترانزستور TR2 فى حالة توصيل (ON) فإنه يمكننا تجديد كتابة الشحنة أو تغييرها . كما يمكن قراءة محتويات الخلية بتوصيل خط القراءة إلى جهد سالب (الحالة المنطقية « 1 ») وبذلك يصبح الترانزستور TR3 فى حالة توصيل إذا كان هناك « 1 » مخزن فى C_1 يؤدى ذلك إلى وضع TR1 فى حالة توصيل (ON) مما يؤدى لتفريغ الشحنة إلى خط البيانات . أما إذا كان هناك « 0 » فى C_1 فإن خط البيانات لاتتغير حالته . بذلك فإنه فى نهاية دورة القراءة تكون حالة خط البيانات متممة للقيمة المخزنة فى الخلية . ويتم تصحيح ذلك بإعادة كتابة البيان الموجود فى خط البيانات عن طريق خط كتابة البيانات لتجديد تخزين القيمة الصحيحة فى الخلية عقب كل دورة للقراءة .

عموماً يتم تصنيع الذاكرة الديناميكية باستخدام نبائط أشباه الموصلات أحادية القطبية بالرغم من تصميم بعض أنواع هذا النوع من الذاكرة باستخدام نبائط أشباه الموصلات ثنائية القطبية وأن هناك أبحاثاً لتطويرها باستخدام وصلة

(*) هذه الأرقام صحيحة وقت كتابة الكتاب لكن ارتفعت سعات التخزين المختلفة للدوائر الآن ليصبح من الممكن تخزين 16 K بايت و 64 K بايت فى دائرة متكاملة واحدة .

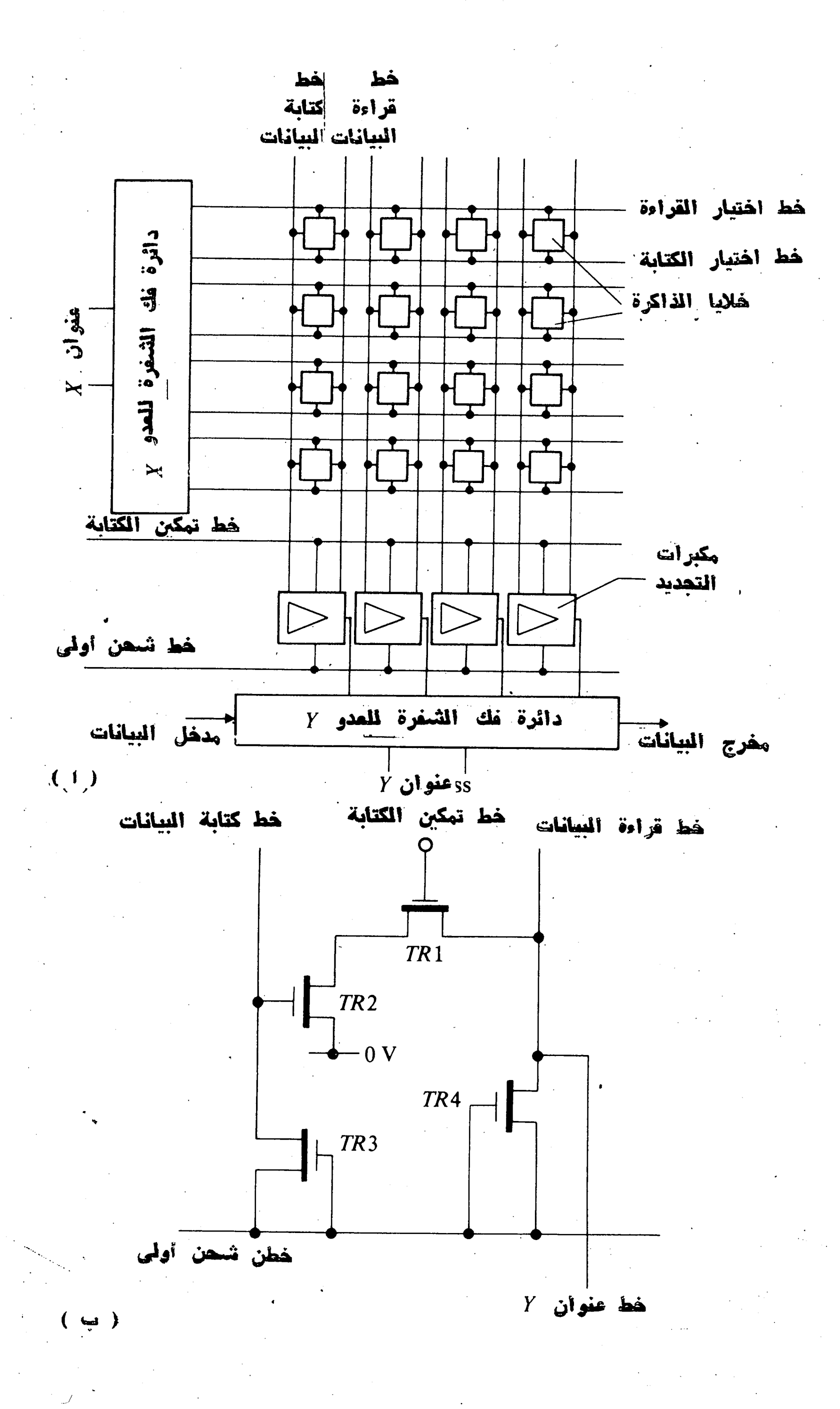
شوتكى الثنائية وطرق I^2L . يوضح شكل ١١ — ٦ (ب) خلية ذاكرة وصول عشوائى ديناميكية من أشباه الموصلات ثنائية القطبية حيث يتم تخزين البيانات فى المكثفات C_1 و C_2 فى الحالة العادية يكون كل من النبيطتين الثنائيتين D_1 و D_2 فى حالة عكسية بحيث تكون خطوط البيانات 1 و 2 معزولة تماماً عن الخلية ويكون الجهد الموجود على أحد المكثفين أعلى من الجهد الموجود على المكثف الآخر تبعاً لحالة الترانزستورين TR1 و TR2 (أيهما فى حالة توصيل). يمكن عنونة الخلية يوضع جهد منخفض على خط اختيار الكلمة ويمكن بذلك قراءة المعلومة بمعرفة التيارات السارية فى خطوط البيانات . يتم تجديد تخزين المعلومة (أو كتابة معلومة جديدة) بوضع الحالة المطلوبة على خط البيانات المناظر (أى بوضع الجهود المناسبة على خطوط البيانات) .



شكل ١١ — ٦ ذاكرة الوصول العشوائى (RAM) الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات .
(أ) نبائط أحادية التوصيل من نوع (MOS) (ب) نبائط ثنائية التوصيل .

يتم عادة تنظيم خلايا الذاكرة فى مصفوفة بخطوط الاختيار X و Y التى تتصل بدورها بدائرة فك الشفرة للعناوين X و Y كما هو موضح فى شكل ١١ — ٧ (أ) . يلاحظ فى هذا الشكل أن كل خلية تتركب من ثلاثة تزانزستورات من نوع MOS كما هو مبين فى شكل ١١ — ٦ (أ) .

يتم استخدام دوائر التكبير الموضحة فى شكل ١١—٧ (ب) وذلك لضمان إمكانية تجديد شحنات الخلايا كل 2 ms تقريباً . يلاحظ أن الترانزستورين TR3 و TR4 يعملان كمقاومتين فى هذه الدائرة . يبدأ عمل الخلية بوضع خطوط



شكل ١١ – ٧ مصفوفة ذاكرة الوصول العشوائى (RAM) الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات
(أ) مصفوفة الخلايا وخطوط التوصيل (ب) مكبرات التجديد .

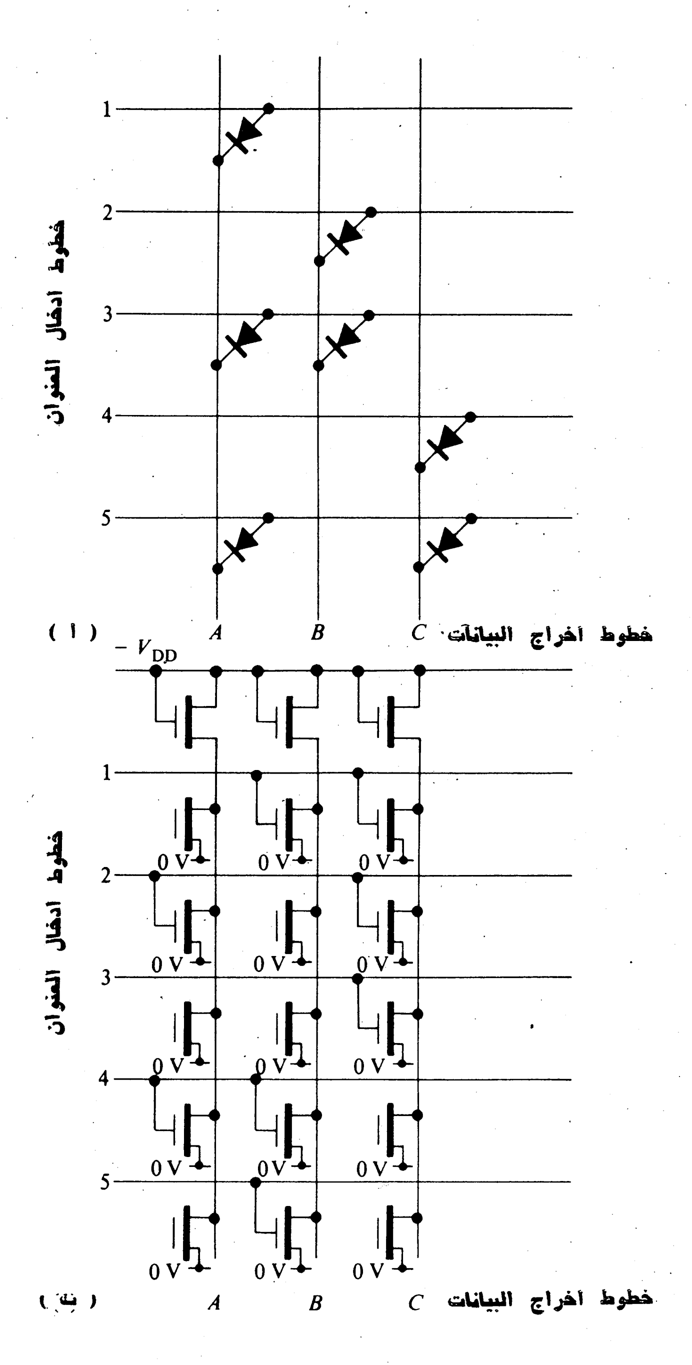
البيانات فى الحالة "1" عن طريق خط الشحن الأولى ثم يتم عنونة صف من الخلايا عن طريق خطوط الاختيار X و Y وتكون الإشارات الخارجة على خطوط قراءة البيانات متممة للقيمة المخزنة فى صف الخلايا . تبدأ دورة التجديد بوضع الترانزستور TR 1 فى حالة توصيل وبذلك تصبح الإشارات المتممة الموجودة على خطوط البيانات متصلة مباشرة بخطوط الكتابة بحيث يمكن إعادة كتابتها فى الخلية . بذلك يمكننا إعادة كتابة (تجديد) صف كامل من الخلايا فى نفس الوقت رغم أننا قمنا بقراءة خلية واحدة .

يمكننا كتابة معلومة جديدة فى الخلية بالاحتفاظ بالترانزستور TR1 فى حالة قطع وإدخال المعلومة المطلوبة مباشرة على خط كتابة البيانات . ومن الممكن زيادة سعة تخزين الذاكرة المصنوعة من أشباه الموصلات بإضافة دوائر متكاملة أخرى .

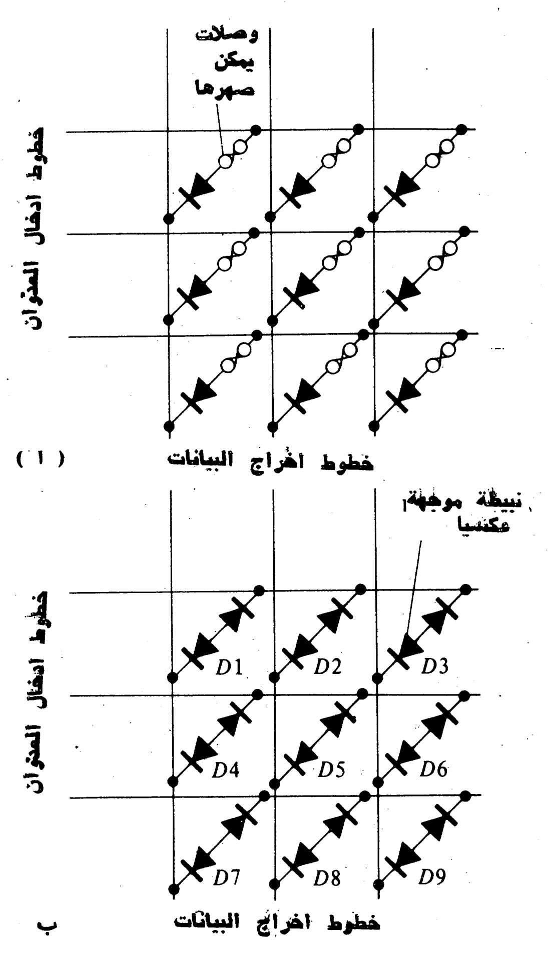
١١ ـــ ٨ ذاكرات أشباه الموصلات من أنواع ROM و PROM و EPROM و EAROM

ROM إختصار معناه ذاكرة يمكن قراءتها فقط وهى تصنع عادة على هيئة مصفوفات من الخلايا شبيهة بمصفوفات الذاكرة من نوع RAM بحيث يمكن الوصول لأى من خلاياها بسرعة ولكن فى العادة تستخدم ذاكرة ROM لتخزين معلومات لايحتمل أن تتغير بسرعة كما هو الوضع بالنسبة للذاكرة من نوع RAM. يتوافر الآن أنواع مختلفة للذاكرات الممكن قراءتها فقط . أولها ذاكرة *ROM* التى يتم برمجتها فى المصنع وهذه يتم برمجتها باستخدام قناع تبعاً لمواصفات قياسية أو تبعاً لمواصفات المشترى . أما الذاكرة من نوع PROM (ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها) فيتم شراؤها خالية من أى معلومات مخزنة ثم يقوم المشترى ببرمجتها بنفسه تبعاً لاحتياجات العمل ويناسب هذا النوع عمليات تصميم وتنفيذ واختبار النظم . يتم إنتاج هذا النوع فى شكلين أساسيين أولها يستعمل وصلات يمكن صهرها بحيث تصبح المعلومات ثابتة عقب برمجتها أما النوع الآخر فذاكرة يمكن مسح البرنامج المكتوب بها باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (EPROM) . فى هذا النوع يمكن مسح المعلومات المخزنة تماماً من الذاكرة بتعريضها لإشعاع قوى من الأشعة فوق البنفسجية وعادة يكون ذلك خلال نافذة زجاجية فى الدائرة المتكاملة ومن ثم يمكن إعادة برمجتها . يوجد أيضاً نوع آخر يطلق عليه ذاكرة EAROM وهى ذاكرة يمكن قراءتها فقط كما يمكن برمجتها وتغيير المعلومات أو البرنامج باستخدام نبضات كهربية . وهى ذاكرة تتم برمجتها باستخدام نبضات كهربية ذات جهد عال على أرجل التوصيل الخاصة بالبرمجة . وتتميز ذاكرة EAROM عن ذاكرة EPROM بإمكانية مسح كلمة واحدة من الذاكرة وإعادة كتابتها بدون التأثير على باقى محتويات الذاكرة .

تتميز ذاكرة ROM برخصها وسرعتها العالية وارتفاع كثافة مصفوفات التخزين الثابتة فيها . يتم عموماً تصنيع هذا النوع من الذاكرات باستخدام الشبكات المنطقية التراكيبية بدلا من الدوائر القلابة وذلك لأنها تقوم بتخزين شكل معين من الإشارات المنطقية . يوضح شكل ١١ ــ ٨ (أ) مصفوفة بسيطة من النبائط الثنائية وهى جزء من دائرة تحويل النظام العددى العشرى إلى النظام الثنائى بحيث يتم وضع العدد العشرى على صورة جهد موجب على العنوان المناسب وبذلك تظهر الإشارات المنطقية على خطوط البيانات . يتم برمجة هذه الذاكرة أثناء عمليات التصنيع باستخدام عدد من الأقنعة المختلفة أثناء مراحل الانتشار . بين شكل ١١ ــ ٨ (ب) مصفوفة من الترانزستورات من نوع MOS والتى تقوم بعمل مماثل لمصفوفة النبائط الثنائية . فى هذه الحالة يتم توصيل بوابات الترانزستورات المختارة فقط بخطوط العناوين وبذلك إذا ظهرت إشارة منطقية "1" (جهد سالب) على المدخل فإن الترانزستور يصبح فى حالة توصيل مما ينتج عنه ظهور الإشارة المنطقية "0" على خط البيانات الخارجة وذلك بالنسبة للترانزستورات المتصلة بواباتها



شكل ١١ – ٨ ذاكرة ROM يتم برمجتها بالقناع (أ) خطوط إخراج البيانات (ب) مصفوفة من ترانزستوراتMOS

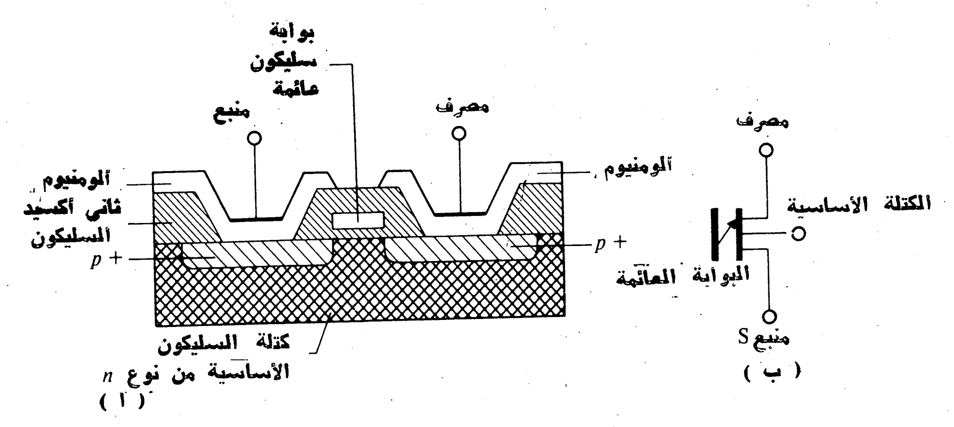


شكل ١١ — ٩ ذاكرة *PROM* ذات وصلات يمكن صهرها (أ) وصلات يمكن صهرها (ب) نبائط موجهة عكسياً .

بخطوط العناوين فقط . تتوافر ذاكرات ROM الآن والتي يمكن برمجتها باستخدام قناع بسعات تصل إلى 16K و 32K رقماً ثنائياً للدائرة المتكاملة الواحدة.

تصنع ذاكرة *PROM* ذات الوصلات المنصهرة فى صورتين أولها على شكل مصفوفة من النبائط الثنائية (أو الترانزستورات) ذات وصلات يمكن صهرها وموصلة على التوالى مع كل منها . تتم برمجة هذا النوع عن طريق صهر الوصلات (عن طريق التحكم فى نبضات من التيار الكهربى) الموجودة على التوالى مع النبائط غير المطلوبة فى المصفوفة كما هومبين فى شكل ١١ — ٩ (أ) . بعد إتمام هذه العملية فإن توزيعات النبائط الثنائية المبرمجة فى المصفوفة لايمكن تغييرها . بذلك إذا تمت كتابة أى شىء فى هذه الذاكرة لايمكن تغييره بعد ذلك . النوع الثانى يتكون من مصفوفات من الخلايا كما هو مبين فى شكل ١١ — ٩ (ب) .

تتكون كل خلية من نبيطتين موصلتين عكس بعضهما البعض بذلك تكون الخلية مفتوحة كهربياً وغير موصلة فى البداية ، تتم عملية البرمجة لهذه الذاكرة عن طريق وضع جهد عال مما يسبب مرور نبضة تيار مرتفع فى الخلية بحيث يتم كسر حاجز النبيطة الثنائية الموجهة عكسياً .

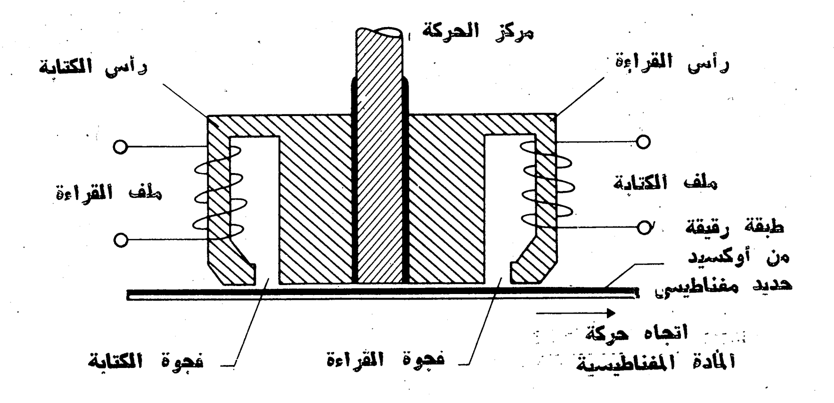


شكل ١١ – ١٠ ترانزستور من نوع MOS ذو بوابة عائمة والمستخدمة فى دوائر EPROM
(أ) شكل وتركيبة الترانزستور (ب) الرمز المستخدم فى رسم الدوائر .

أما بالنسبة لذاكرة *EPROM* فيتم مسحها تماماً بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لمدة حوالى عشر دقائق . ثم تتم إعادة برمجتها بطريقة مشابهة للطريقة المستخدمة فى ذاكرة PROM ذات الوصلات الممكن صهرها . يلاحظ أن ذاكرة EPROM تعمل عن طريق مصيدة شحنات فى بوابة من نوع الانهيار العائم بترانزستور من نوع MOS كما هو مبين فى شكل ١١ – ١٠ . تتوافر ذاكرة EPROM فى سعات مختلفة مثل 16×32 رقماً ثنائياً و $2K \times 8$ رقماً ثنائياً و $1K \times 4$ رقم ثنائى .

١١ – ٩ المخازن الاحتياطية

بسبب السعة المحدودة لذاكرة الوصول المباشر فإننا فى العادة نحتاج لاستخدام مخازن احتياطية لوحدة التحكم المركزية (CPU) . تتعامل المخازن الاحتياطية مع كميات كبيرة من البيانات المستخدمة فى عمليات التشغيل المختلفة . ولكنها أبطأ من ذاكرة الوصول المباشر وعموماً يمكننا القول بأنه كلما قل زمن الوصول للبيانات فى وحدات التخزين كلما ارتفعت تكاليفها .



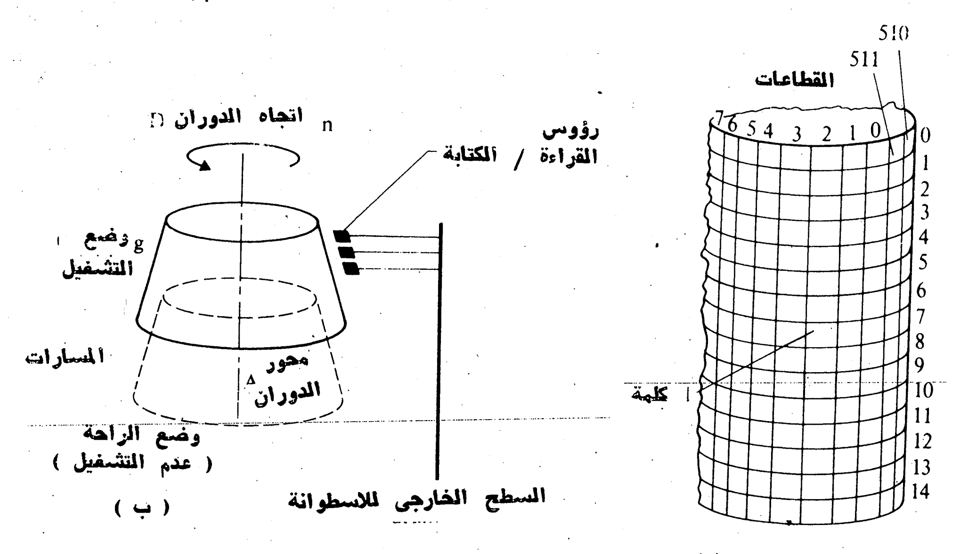
شكل ١١ – ١١ رأس القراءة / الكتابة المغناطيسى

تستخدم وحدات التخزين الاحتياطية فى العادة وسط مغناطيس للتخزين . وتتم كتابة أو قراءة البيانات من طبقة رقيقة من أوكسيد المادة المغناطيسية المستعملة وذلك عن طريق التغيرات الموجودة فى اتجاهات الحقل المغناطيسى فى منطقة محدودة بالقرب من رأس القراءة أو الكتابة . يعتبر نظام **التسجيل الطولى** من أكثر الطرق المستخدمة ويكون المجال المغناطيسى الرئيسى للسطح المراد مغنطته فى نفس المستوى الموجود به الأوكسيد وموازياً له . يوضح شكل ١١ – ١١ تركيبة رأس كتابة / قراءة المستخدم فى مثل هذه الحالة . عندما يمر تيار كهربى فى ملف الكتابة يصبح رأس الكتابة ممغنط ويمر الحث المغناطيسى الناتج فى طبقة الأوكسيد الرقيقة وبذلك تصبح المساحة الصغيرة القريبة من رأس الكتابة ممغنطة فى اتجاه معين . أما إذا مر التيار فى الاتجاه العكسى يكون الحث المغناطيسى الناتج فى الاتجاه العكسى أيضاً وبذلك تتم مغنطة طبقة الأوكسيد أيضاً فى الاتجاه العكسى . بذلك تستعمل هاتان الحالتان لعملية المغنطة لتمثيل الإشارات المنطقية "1" و "0" . أما فى حالة القراءة فإن حركة طبقة الأوكسيد الرقيقة أمام رأس القراءة يسبب الحث المغناطيسى المنبعث من المنطقة الممغنطة فى توليد قوة دافعة كهرومغناطيسية فى ملف القراءة .

تعتبر الاسطوانة الممغنطة والشريط الممغنط والقرص الممغنط الممكن إبداله أكثر ثلاث وسائل مستخدمة فى المخازن الاحتياطية اليوم .

١١ – ١٠ الاسطوانة الممغنطة كمخزن احتياطى

تتركب الاسطوانة الممغنطة من اسطوانة ذات سطح مغطى بطبقة من أوكسيد حديدى مغناطيسى وتدور حول محورها الرأسى . يقسم سطح الاسطوانة المؤكسد إلى مسارات أفقية يمر عليها رأس القراءة / الكتابة كما يقسم رأسياً إلى قطاعات تعرف حدودها طول الكلمة المستخدمة . لذلك يمكننا اختيار أى كلمة بتحديد إحداثيات المسار الأفقى والقطاع الرأسى لها . ويوضح شكل ١١ – ١٢ (أ) تقسيم البيانات على سطح الاسطوانة الممغنطة . فى حالة احتياجنا لنقل البيانات من أو إلى الاسطوانة على أكثر من مسار أفقى واحد يتطلب ذلك تأخيراً فى وقت القراءة لإتمام عملية تحويل القراءة من



شكل ١١ – ١٢ الاسطوانة الممغنطة كمخزن احتياطى (أ) توزيع البيانات على سطح الاسطوانة (ب) تركيبة الرأس الطائر .

مسار إلى آخر . فى هذه الحالة قد يصل زمن التأخير إلى زمن مساو للزمن اللازم لإتمام دورة كاملة واحدة للاسطوانة . يمكننا تقليل هذا التأخير بتراجع بداية الكلمة التالية فى المسار التالى . يمكن تقسيم تجميعه القراءة / الكتابة إلى ثلاثة أنواع :

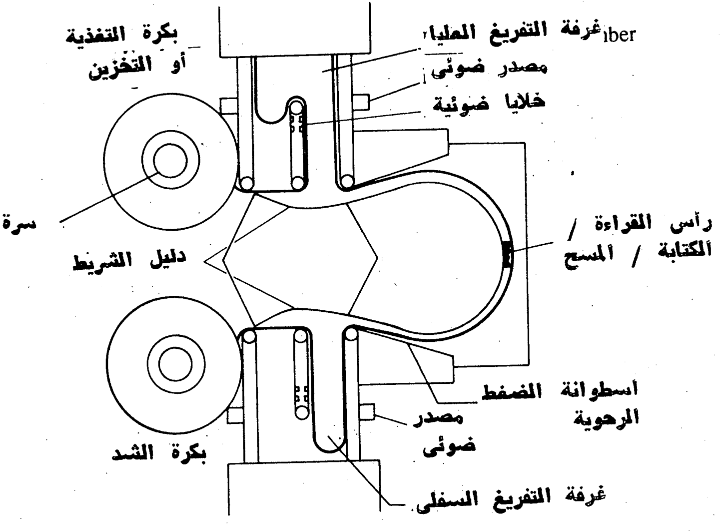
(أ) **تركيبة الرأس الثابت** — فى هذه التركيبة يكون هناك رأس قراءة / كتابة واحد لكل مسار من المسارات ويكون هناك فجوة أو مسافة ثابتة بين رؤوس المسارات المختلفة وسطح الاسطوانة . كما يتم وضع التركيبة كلها داخل غلاف ذى درجة حرارة ثابتة لتقليل احتمالات اصطدام الرؤوس بالاسطوانة بسبب التمدد الحرارى .

(ب) **تركيبة الرأس الراقص** : فى هذه التركيبة يكون هناك رأس واحد لكل مجموعة من المسارات بحيث يتحكم فى وضعها بمغناطيس كهربى . يعيب هذا النظام بطوءه أى طول زمن الوصول للبيانات ولكنه يتميز بقلة تكاليفه بالمقارنة بالرأس الثابت .

(جـ) **تركيبة الرأس الطائر** : فى هذا النظام يكون هناك رأس واحد لكل مسار بحيث يطير هذا الرأس فوق طبقة الهواء الموجودة حول الاسطوانة . بذلك يجب أن تصل الاسطوانة لسرعة دوران تشغيل معينة حتى تكون الرؤوس فى مواضعها الصحيحة للتشغيل . يمكن تقليل احتمالات اصطدام الرأس بسطح الاسطوانة بتصميم الاسطوانة بحيث يكون سطحها مخروطى الشكل وبحيث ترتفع على محورها الرأسى عندما تصل سرعة دورانها للسرعة المعينة عند التشغيل العادى كما يوضح شكل ١١ — ١٢ (ب) . تتميز هذه التركيبة بزمن وصول قصير وكثافة تخزين عالية ولكنها باهظة التكاليف .

١١ — ١١ الشريط الممغنط كمخزن احتياطى

يلف الشريط الممغنط حول بكرات ذات سعات ٢٠٠ و ٦٠٠ و ١٢٠٠ و ٢٤٠٠ قدم من الشريط وهو مماثل لشرائط أجهزة التسجيل المنزلية لكنه ذو نوعية أجود وغالباً مايكون عرضة فى حدود نصف بوصة . يغطى أحد سطحى الشريط البلاستيك بطبقة رقيقة من أوكسيد الحديد . يمكن للشريط الواحد تخزين ٢٠٠٠ حرف فى البوصة الواحدة ويجمع فى اسطوانة تخزين كما هو مبين فى شكل ١١ — ١٣ . يتأثر مشغل الشريط باسطوانة الضغط الرحوية الدوارة



شكل ١١ — ١٣ تركيبة الشريط الممغنط .

والتى تدور بسرعة منتظمة ويتوقف الشريط عند إزالة اسطوانة الضغط الرحوية وتشغيل فرامل على سرة الشريط . يجب أن يتجاوب مشغل الشريط مع حركات القيام والتوقف وإعادة الدوران المفاجىء بسرعة ودون أن يسبب أضراراً بالشريط .

تخزن المعلومات على الشريط فى إطارات كما هو مبين فى شكل ١١ — ١٤ لشريط ذى سبعة مسارات تخصص ستة مسارات لتخزين الأرقام الثنائية للبيانات ويخصص المسار السابع لتخزين الرقم الثنائى لإشارة اختبار التطابق . فى عملية القراءة تستخدم هذه الإشارة الثنائية لاختيار صحة البيانات المقروءة أمافى عملية الكتابة فتكتب هذه الوحدة ويختبر نجاح عملية الكتابة بقراءة البيان مرة أخرى واختبار هذة الإشارة (إشارة اختبار التطابق) للتأكد من صحة البيان الذى تمت كتابته . تنتقل المعلومات من وإلى وحدة التشغيل المركزية فى شكل مجموعات يتم تخزينها على الشريط بحيث يفصل بين هذه المجموعتت فراغات بينية . تساعد هذه الفراغات البينية الشريط على الوصول للسرعة المطلوبة فى عمليات القراءة والكتابة .

مسارات

1	■		■	■	■	■	الرقم الثنائى لاختبار التطابق
2	■		■		■	■	■
3			■	■		■	الأرقام الثنائية للبيانات
4	■	■		■	■	■	■
5				■		■	
6					■	■	
7				■		■	

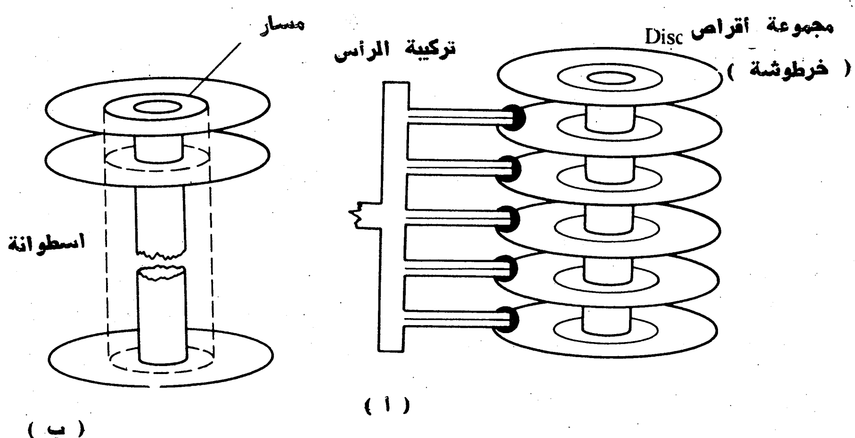
اطار بيان واحد

شكل ١١ — ١٤ تسجيل البيانات على الشريط الممغنط .

تقوم تركيبة رأس الشريط الممغنط بثلاث عمليات هى المسح / الكتابة / القراءة خلال عملية الكتابة يتم مسح المعلومات المكتوبة الجـديدة تسلسلياً فى إطارات بحيث يتم كتابة مجموعة كاملة من الإطارات فى المرة الواحـدة . ثم يتم اختبار نجاح عملية الكتابة بقراءتها مرة أخرى عن طريق رأس القراءة . يكون وقت الوصول للمعلومات طويلا نسبياً وذلك بسبب التخزين التسلسلى للمعلومات وقد يصل إلى عدة دقائق . ولكن يتميز الشريط الممغنط فى نفس الوقت بقلة تكاليفه النسبية .

١١ — ١٢ قرص التخزين الممكن تبديله

يتكون قرص التخزين الممكن إبداله من مجموعة (خرطوشة) من الأقراص (عادة ستة أقراص) مركبة فى وحدة تشغيل تحتوى على المشغل ورؤوس القراءة / الكتابة ودوائر التحكم لتركيبة الرأس نفسها . تحتوى الخرطوشة ذات الأقراص الستة على عشرة أسطح للتسجيل كل منها مغطى بطبقة رقيقة من أوكسيد الحديد ولايستخدم السطحان الخارجيان فى عملية التسجيل كما هو مبين فى شكل ١١ — ١٥ (أ) ويتم الوصول لأسطح التسجيل النشطة عن طريق رؤوس التسجيل الخاصة بكل سطح . تركب هذه الرؤوس على أذرع معدنية بحيث تتحرك جميع الأذرع معاً فى نفس الوقت ويوجد بين كل سطحين متجاورين رأسان للقراءة ممتدان بين القرصين المتجاورين . تدور الخرطوشة حتى تصل سرعتها لسرعة التشغيل ثم تتحرك الرؤوس إلى المنتصف وتتحرك كل رأس على حدة لتقترب من الأسطح المختلفة للتخزين عن طريق دورا نأذرع الى التى تحملها .



شكل ١١ — ١٥ تركيبة قرص التخزين الممغنط الممكن تبديله (أ) تركيبة الرأس والأقراص الممغنطة (ب) تركيبة الاسطوانة

يتكون كل سطح من الأسطح النشطة من عدة مئات من المسارات المتحدة المركز وتسمى المساحة الخاصة بالتشغيل المكونة من عشرة مسارات متناظرة (واحد فى كل سطح من أسطح التسجيل) **بالاسطوانة** كما هو موضح فى شكل ١١ — ١٥ (ب) . ينقسم كل مسار إلى ثمانية أجزاء متساوية تعرف **بالمجموعات** وتكون سعة التخزين للمجموعات المختلفة متساوية .

تم قراءة / كتابة المعلومات تسلسلياً بين الاسطوانات وتعنون البيانات برقم الاسطوانة ونمرة رأس القراءة .

تتوافر الأقراص الممغنطة فى سعات تخزين تصل إلى ١٠٠ مليون حرف لكل خرطوشة أقراص وتتميز بوقت وصول سريع يصل إلى ١٠٠ مللى من الثانية لكنها غالية الثمن . لقد تم تصميم وتنفيذ نوع آخر من الأقراص يسمى **بالأقراص المرنة** بحيث توفر مخازن احتياطية لنظم الحاسبات الدقيقة . تعمل هذه الأقراص بمبادىء شبيهة بالمبادىء التى قدمناها فى الأقراص الممغنطة ولكن يتم تصنيع هذه الأقراص من مواد أكثر مرونة ولذا يطلق عليها لفظ المرنة وتكون وحدة التشغيل والقرص نفسه ذات حجم أصغر كثيراً من الوحدات المستخدمة فى الحاسبات الكبيرة .

الفصل الثانى عشر

مفاهيم البرمجة

١٢ — ١ مبادىء عمل خرائط سير العمليات

عند استخدام الحاسب فى حل أى مسألة أو مشكلة يجب أن يوضع الحل على شكل سلسلة من الخطوات المحددة بوضوح تسمى الألجوريثم . يعرف الألجوريثم المستخدم لحل مسألة معينة بأنه مجموعة محدودة من الأوامر التى يقوم الحاسب بتنفيذها للحصول على الحل الفعلى (إذا كان الحل فى واقع الأمر ممكناً) . يمكن تمثيل قائمة الأوامر هذه على شكل رسم تخطيطى لمجموعة من الرموز المتصلة ببعضها البعض ويسمى هذا الرسم باسم **خريطة سير العمليات** .

إن **خريطة سير العمليات للبرنامج** هى وصف تفصيلى للبرنامج المزمع استخدامه لحل مشكلة معينة وهو يعكس دائماً نوع الحاسب واللغة التى ستستعمل وهناك مزايا عديدة لإعداد البرنامج بهذه الطريقة : —

(أ) أنها تجبرك على تحليل المشكلة قبل محاولة وضع حل لها .

(ب) تقدم وصفاً وضحاً لكيفية حل المشكلة .

(ج) توفر سجلا لخطوات الحل مما يسهل مهمة البحث عن أخطاء فى الحل .

(د) يمكن استخدامها لشرح المشكلة وطريقة الحل لأناس آخرين .

١٢ — ٢ خريطة سير العمليات البسيطة

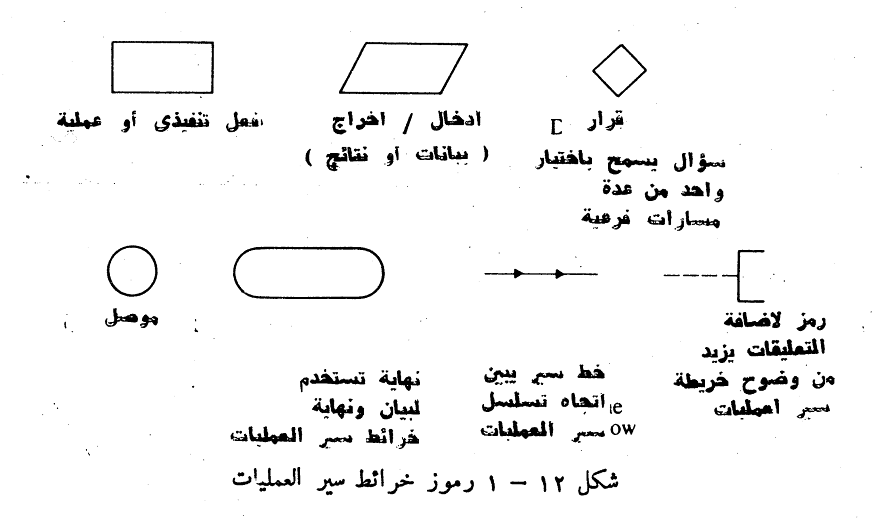
عند رسم خطريطة سير عمليات ، ينصح بطرح الأسئلة التالية :

(أ) ماهى البيانات المتوافرة ؟ وفى أى شكل تقدم البيانات ؟ بأى وحدات تقاس البيانات وماهو ترتيب البيانات ؟

(ب) ماهى الحلول أو النتائج المطلوبة ؟ فى أى شكل تطلب هذه الحلول؟ بأى وحدات تقاس هذه الحلول ؟ وفى أى ترتيب تقدم هذه الحلول ؟ .

(ج) ماهى الطرق المتوافرة لحل هذه المشكلة ماهى الطريقة الأكثر كفاءة بين هذه الطرق ؟

يبين شكل ١٢ — ١ الرموز المستعملة بكثرة فى رسم خرائط سير العمليات مع شرح لمعانيها . وسوف ننظر الآن إلى بعض الأمثلة البسيطة لتوضيح استخدام هذه الرموز فى خرائط سير العمليات .



شكل ١٢ — ١ رموز خرائط سير العمليات

ملحوظة : عند كتابة خريطة سير العمليات وبيانات البرنامج يمكن تفادى الغموض بتعديل طريقة كتابة بعض الحروف والأرقام كالتالى :

القيمة الرقمية « صفر » تكتب 0

الحرف الإنجليزى (oh) يكتب ϕ أو θ

القيمة الرقمية واحد تكتب 1

الحرف الإنجليزى (eye) يكتب I

القيمة الرقمية (إثنان) تكتب 2

الحرف الإنجليزى (zed) يكتب Z

القيمة الرقمية (سبعة) تكتب 7

عملية الضرب تكتب * وعملية الرفع لأس يكتب ** (يعتمد هذا على نوع اللغة المستخدمة) .

تعبر وحدات العرض البصرية (VDU) عادة عن الصفر بالرمز ϕ والحرف الإنجليزى (oh) بالرمز 0 .

مثـال ١٢ — ١ :

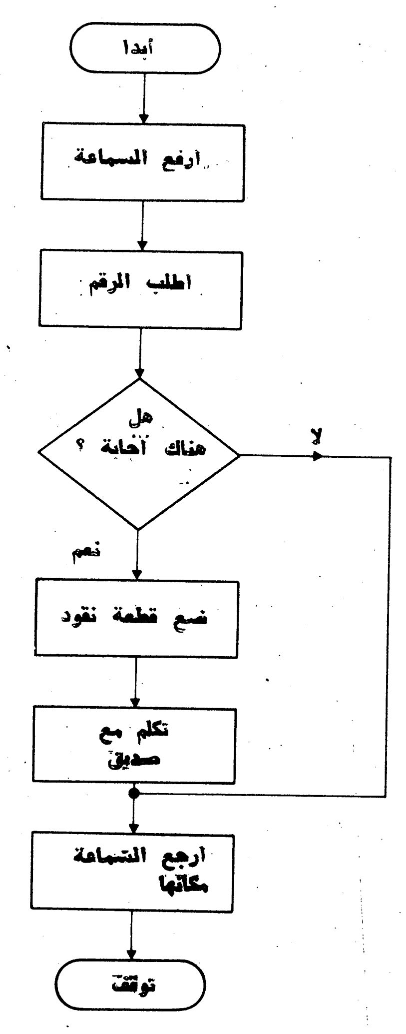
ارسم خريطة سير عمليات لمثال يومى للاتصال بصديق هاتفياً ، مع فرض أن المكالمة ستتم من هاتف عمومى وأنه لايمكن تنفيذ أكثر من عملية واحدة آنياً .

الحل موضح فى شكل ١٢ — ٢

مثـال ١٢ — ٢ :

ارسم خريطة سير العمليات « للاستيقاظ فى الصباح »

يوضح شكل ١٢ — ٣ الحل ويلاحظ فيه أن هناك تغييرات كثيرة محتملة . الشيء الهام الواجب ملاحظته أنه **لايجب أخذ الأشياء اعتبارياً أى يجب أن لانفرض أى شيء .**

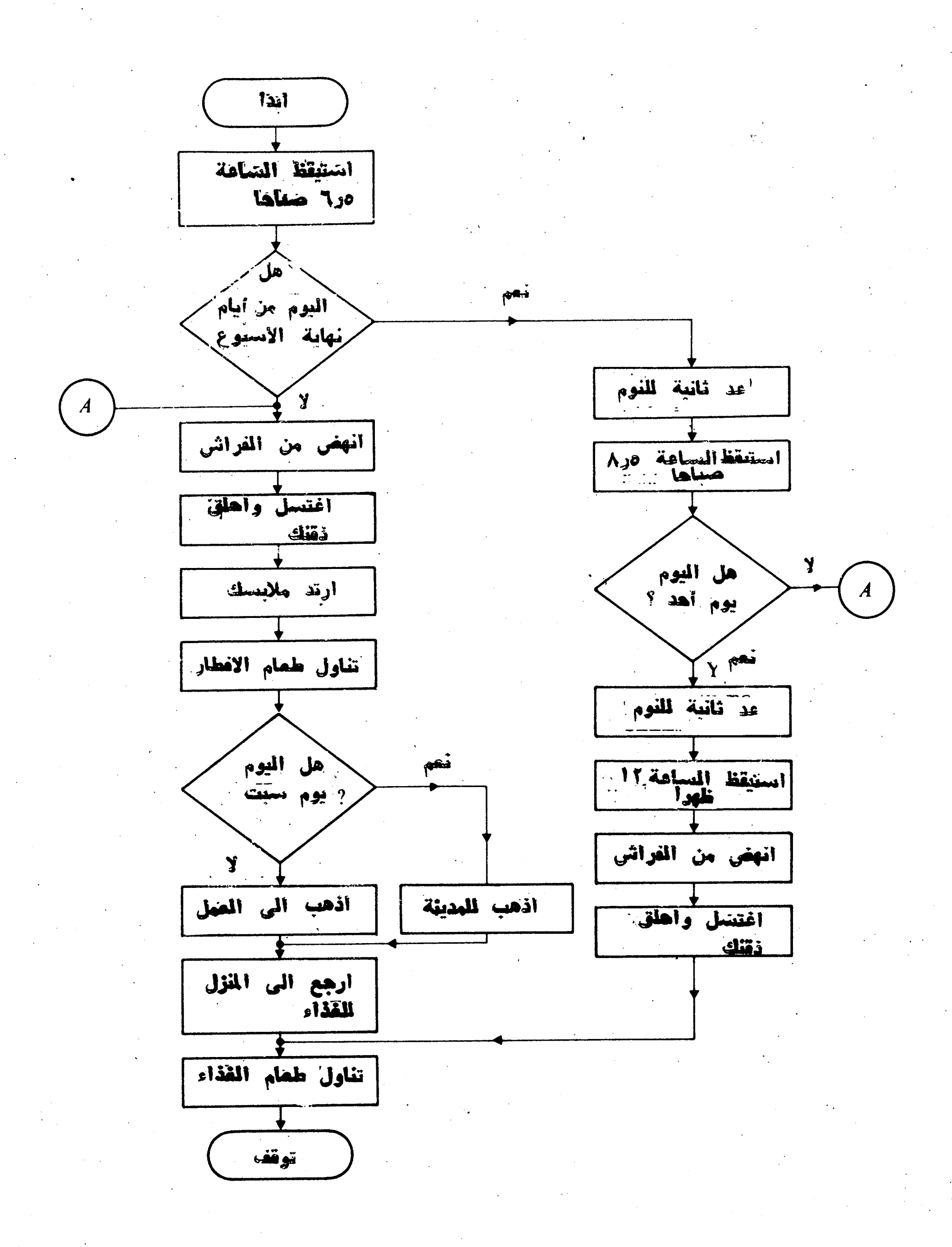


شكل ١٢ – ٢ خط سير العمليات للاتصال بصديق هاتفياً

١٢ ــ ٣ الرموز الحسابية

رغم أن خريطتى العمليات السابقتين تمثلان مهمتين يوميتين بسيطتين ، إلا أنه فى العديد من المسائل نحتاج لاستخدام عمليات حسابية . عادة يشار للأعداد المستخدمة فى خرائط سير العمليات للبرنامج باسم **المتغيرات** حيث يمكن لقيمتها أن تتغير . هذه المتغيرات – كما فى الجبر – يمكن أن يرمز لها بحرف أو مجموعة من الحروف كمثال x ، y ، a ، b ، A ، N ، NUM ، ANS ، . . . . . الخ . يحتل كل متغير موضع تخزين فى ذاكرة الحاسب ويعطى قيمة أثناء تسلسل الأوامر المحددة فى خريطة سير العمليات . تمثل عملية إعطاء القيمة للمتغير بأحد الرموز التالية :

=   :=   ←



شكل ١٢ – ٣ خريطة سير العمليات للاستيقاظ فى الصباح

على سبيل المثال تعبر الجملة الجبرية P = Q عن إعطاء موضع التخزين P القيمة المخزنة فى موضع التخزين Q وتكتب أحياناً أخرى هذه الجملة الجبرية فى صورة P←Q .

١٢ — ٤ الجمل الحسابية

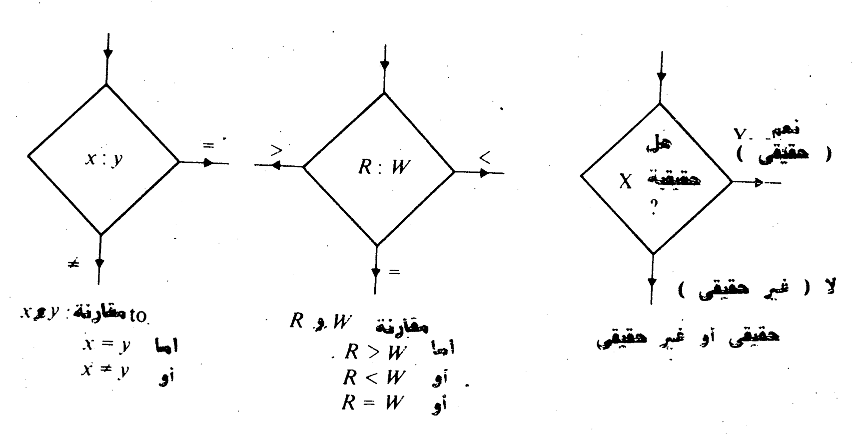
عندما تتضمن العمليات الحسابية استعمال متغيرات فإننا نكون الجملة الحسابية فى صورة :

متغير = تعبير حسابى

حيث يتكون التعبير الحسابى ن تركيبة من المتغيرات والعمليات الحسابية العادية . ومن أمثلة ذلك $y = y + 1$ ، $x = y + z / a$ ، $x = (-b + \sqrt{b^2 - 4.a.c}) / 2.a$.

تتحدد عموماً درجة تعقيد الجمل المسموح بها حسب لغة البرمجة المستخدمة .

يتم اتخاذ القرارات كلها بالمقارنات ، أو العمليات المنطقية أو العلاقات الحسابية . يوضح شكل ١٢ — ٤ بعض الرموز الأساسية لعمليات اتخاذ القرارات .



شكل ١٢ — ٤ رموز القرار

١٢ — ٥ الدوران

الدوران هى عملية تمكننا من تكرار استعمال جزء من البرنامج . ويجب عند استخدام أساليب الدوران فى البرنامج التأكد من إمكانية الخروج من حلقة الدوران . ويمكن تحقيق ذلك بطريقتين :

(أ) عند معرفتنا بكمية البيانات المطلوب تشغيلها — أى عند تحديدنا كم مرة ستدور فى الحلقة خلال عملية الدوران — يمكننا إضافة « عداد » يزاد واحد كل مرة تدور فى الحلقة. بذلك عندما يصل العداد لعدد محدد مسبقاً تخرج من حلقة الدوران لاستكمال باقى البرنامج .

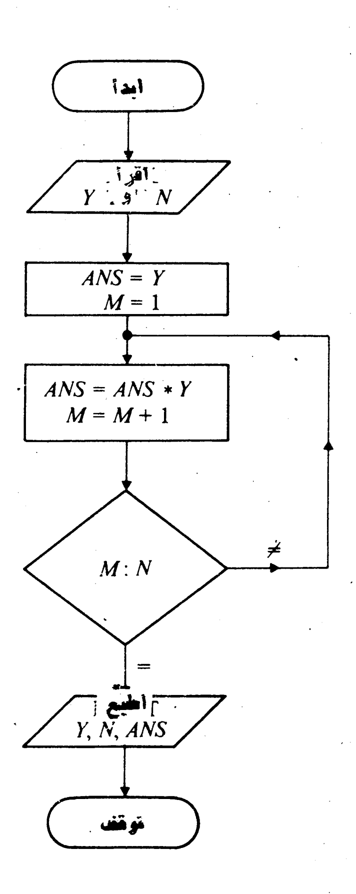
(ب) عند تشغيل كمية غير محددة مسبقاً من البيانات ، نضيف عنصر بيانات واحد (أى بطاقة بيانات واحدة) بعد كل بيانات البرنامج . تحتوى هذه البطاقة على شفرة يفهمها البرنامج فمثلا يكتب فى هذه البطاقة 1 — أو * * * *

وتسمى القيمة الشاذة ويبحث البرنامج عن هذه القيمة الشاذة كلما قرأ بيانات أثناء الدوران فى حلقة . فإذا وجد البرنامج القيمة الشاذة فى أى عملية قراءة يخرج من الحلقة ويتابع استكمال باقى البرنامج .

مثـال ١٢ – ٣ :

ارسم خريطة سير عمليات لرفع Y إلى الأس N ، حيث N عدد صحيح .

الحل موضح بشكل ١٢ – ٥ حيث يستعمل عداد وعندما تكون M = N نخرج من الحلقة .



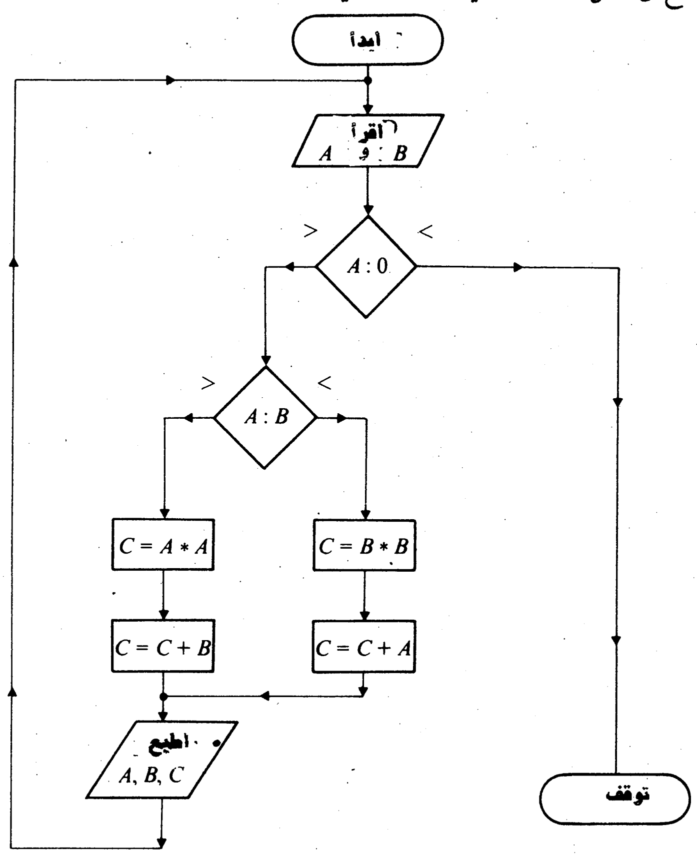
شكل ١٢ – ٥ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ – ٣

مثـال ١٢ – ٤ :

ارسم خريطة سير العمليات لحل المشكلة الآتية : معطى رقمان مختلفان A و B كون الرقم C بحيث يكون مجموع مربع الرقم الأكبر منهما مع الرقم الآخر .

افرض أن كل الأعداد موجبة وأن هناك كمية غير معروفة من البيانات .

الحل موضح فى شكل ١٢ – ٦ حيث استعملنا القيمة الشاذة 1 – .



شكل ١٢ – ٦ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ – ٤

مثـــال ١٢ – ٥ :

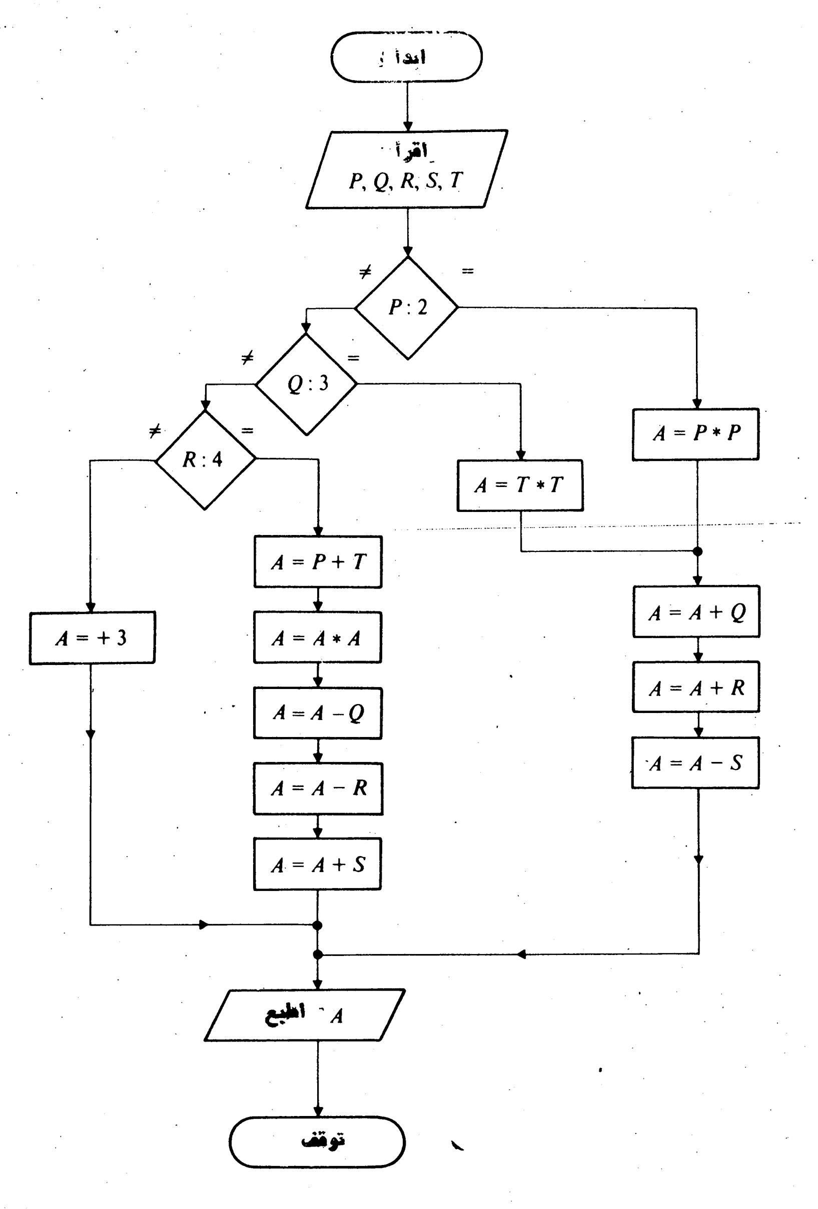
ارسم خريطة سير عمليات لحل المشكلة التالية : معطى بيانات عن P و Q و R و S و T ومطلوب حساب A بحيث نراعى الشروط التالية :

إذا كانت $P = 2$ فإن $A = P^2 + Q + R - S$

إذا كانت $Q = 3, P \neq 2$ فإن $A = T^2 + Q + R - S$

إذا كانت $P \neq 2$ و $Q \neq 3$ و $R = 4$ فإن $A = (P + T)^2 - Q - R + S$ فيما عدا ذلك فإن $A = +3$.

فى هذه الحالة سنفترض أن هناك مجموعة واحدة من البيانات فقط . يبين شكل ١٢ – ٧ الحل بفرض أنه لايمكن تنفيذ أكثر من عملية واحدة آنياً .

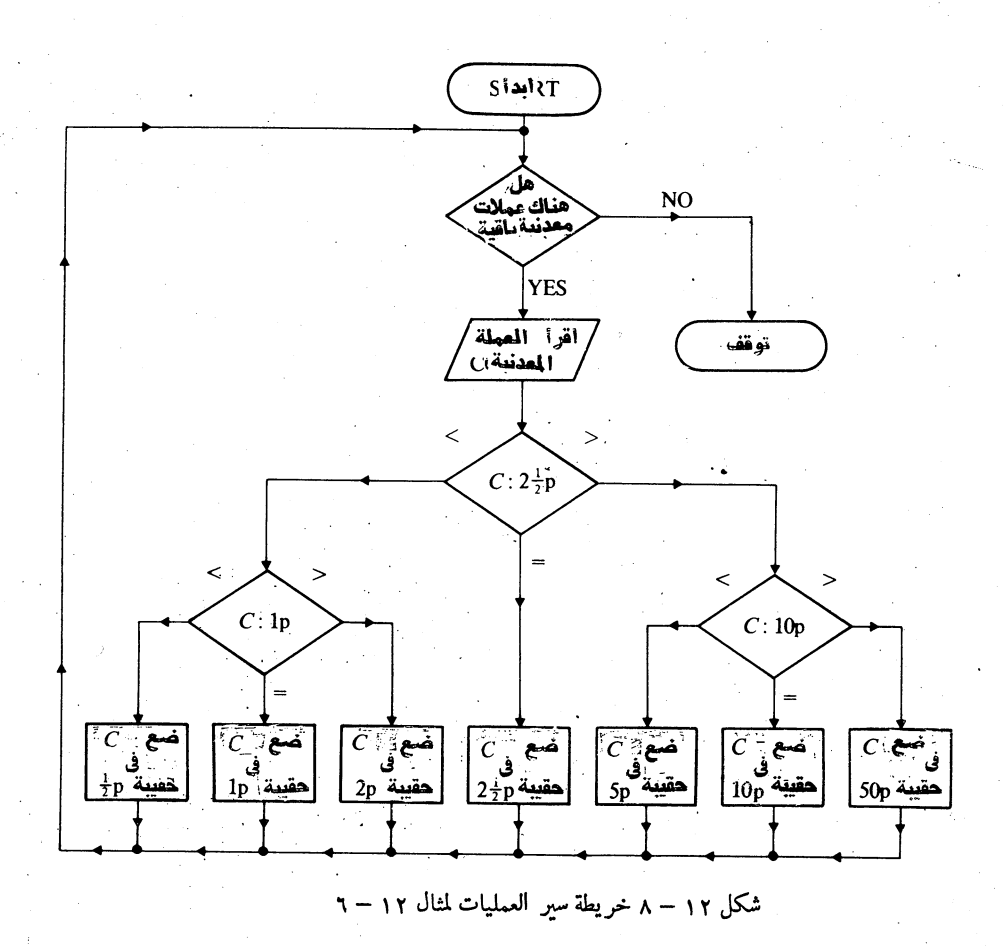


شكل ١٢ – ٧ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ – ٥

مثـــال ١٢ – ٦ :

ارسم خريطة سير عمليات مناسبة لمهمة فرز عملات عشرية إنجايزية معدنية ووضعها فى حقائب منفصلة .

الحل موضح فى شكل ١٢ – ٨

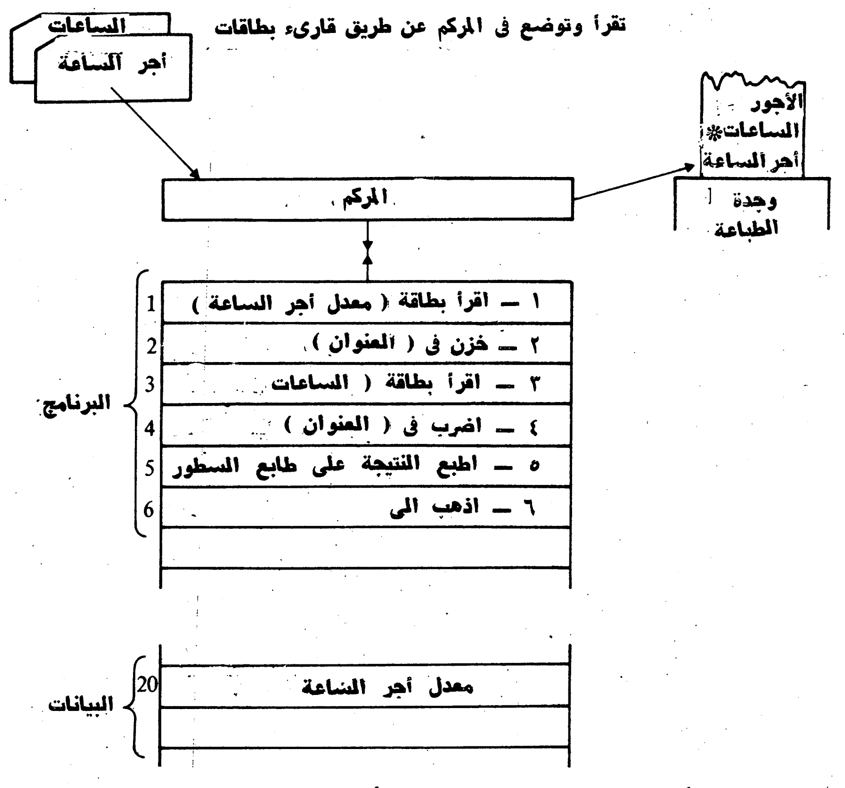


شكل ١٢ – ٨ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ – ٦

١٢ – ٦ برنامج بسيط

يتكون البرنامج من سلسلة من الأوامر المحددة بدقة لجهاز الحاسب ، تعبأ هذه الأوامر فى مجموعة من « الفجوات المتتالية » تسمى **العناوين** (وهى مواضع الكلمات أو مجموعة من البايت) فى ذاكرة الحاسب . يمر مسجل التحكم فى تسلسل على هذه الأوامر بالترتيب ويسبب بذلك تنفيذ الحاسب لها – يتم تنفيذ العمليات الحسابية فى وحدة الحساب وتظهر نتائج هذه العمليات فى مسجل خاص يعرف **بالمركم** . عموماً فإن تحركات البيانات فى الحاسب ومن وإلى الحاسب تتم عبر المركم .

يوضح شكل ٩ – ١٢ مثالا بسيطاً وشائعاً لحساب الأجور ، مفترض فى هذا المثال أن بيانات كل شخص مكتوبة بالشفرة على بطاقتين ، على البطاقة الأولى أجر الساعة لهذا العمل وعلى الثانية عدد الساعات التى عملها الشخص . يجب ملاحظة احتياج عمليات التشغيل لمجموعة أخرى من الأوامر التى تشير إلى أن إدخال البيانات سيكون عن طريق بطاقات مثقبة ومن ثم مطلوب جهاز قراءة بطاقات وأن عمليات إخراج النتائج ستكون على ورق مطبوع بواسطة طابع سطور . يجب مراعاة أن تكون هناك أوامر لإيقاف البرنامج أى بتضمين عداد كما قدمنا سابقاً فى خريطة سير العمليات .



شكل ١٢ — ٩ برنامج بسيط لحساب الأجور

١٢ — ٧ مفاهيم المحتويات الفكرية للحاسب

فى أى نظام لحاسب توفر المحتويات الفكرية وسيط بين العامل المشتغل البشرى والجهاز، وتنتج فى النهاية سلسلة من الأوامر فى شكل مقبول من الجهاز الحاسب . لقد رأينا (فى الفصل ٢) مثالا للمصاعب التى يواجهها البشر لتحقيق ذلك — حتى إذا كانت البيانات مقدمة فى الأساس الثنائى أو الثمانى أو السداسى عشر فإن البشر يعانون بعض الشىء من صعوبة قراءة وفهم هذه الأنماط الشفرية .

لقد أقيمت عدة مستويات من البرمجة بواسطة مرحلة أو أكثر بين المبرمج والشفرة المقبولة من الجهاز ، هذه المستويات هى : شفرة الجهاز ، ولغة التجميع ، واللغة المتطورة .

يتكون البرنامج المكتوب بشفرة الجهاز من قائمة من الأوامر بشكل ثنائى تحمل فى ذاكرة الحاسب ويقوم الحاسب بتنفيذها مباشرة .

لذا فمن الضرورى تحديد العدد الممثل للعنوان لكل كلمة (بايت) فى الذاكرة سواء كانت تمثل أمراً أو بيانات .

مثال نمطى لذلك هو أمر « أجمع » محتويات موضع التخزين 510_{10} (ثنائى 110010) على محتويات المركم مع ترك محتويات موضع التخزين 510_{10} بدون تغيير .

فى هذه الحالة العملية المطلوب تنفيذها هى الجمع (ADD) ، وعنوان البيانات التى سوف تجمع هو 510_{10} أو 110010_2 . لنفرض أيضاً أن شفرة عملية الجمع (ADD) هى 01 وأن طول الكلمة هو 8 مواضع ثنائية ، فإن هذا الأمر سيظهر فى المخزن كما يلى :

العامل	العنوان
0 1	110010

مثـــال ١٢ - ٧ :

اكتب برنامجاً مستخدماً لغة الجهاز البسيطة المكتوبة فى الجدول المبين لحل المسألة التالية :

$$Q = P.U + \frac{Q.V}{R} - S.W$$

مفتاح شفرة الجهاز :

رقم شفرة العملية	الرمز	الأمر	المعنى
01	CAD	اجعل المحتويات صفرا واجمع	اجعل محتويات الجزء الحسابى صفرا ثم اجمع موضع التخزين على المركم
02	ADD	أجمع	اجمع موضع التخزين على المركم
03	STR	خزن	خزن المركم فى موضع التخزين
04	SUB	اطرح	اطرح موضع التخزين من المركم
05	MUL	اضرب	اضرب المركم فى موضع التخزين
06	DIV	اقسم	اقسم المركم على موضع التخزين
07	PRT	اطبع	اطبع المركم
08	START	ابدأ تشغيل الحاسب	ابدأ تشغيل الحاسب ، احصل على عنوان أول امر من عنوان العملية
09	STØP	أوقف تشغيل الحاسب	أوقف الحاسب فورا

افترض أن قيم المتغيرات مخزنة فى مواضع التخزين المبينة :

P فى موضع التخزين 100

Q فى موضع التخزين 101

R فى موضع التخزين 102

S فى موضع التخزين 103

U فى موضع التخزين 200

V فى موضع التخزين 201

W فى موضع التخزين 202

بفرض أن طول كلمة الأمر هو ثمانية أرقام ثنائية فإن البرنامج (مع الشرح) موضح فيما يلى :

الرمز	عنوان الأمر	الأمر	محتويات المركم
START	000	08000001	0
CAD	001	01000200	U
MUL	002	05000100	P.U.
STR	003	03000300	P.U.
CAD	004	01000201	V
MUL	005	05000101	Q.V
DIV	006	06000102	Q.V/R
STR	007	03000301	Q.V/R
CAD	008	01000202	W
MUL	009	05000103	S.W
STR	010	03000302	S.W
CAD	011	01000300	P.U.
ADD	012	02000301	P.U+Q.V/R
SUB	013	04000302	P.U+Q.V/R−S.W
PRT	014	07000000	P.U+Q.V/R−S.W
STØP	015	09000000	

من الواضح أن كتابة برامج مشفرة للجهاز هى عملية مضنية حقاً . بالإضافة إلى ذلك فإن هذا النوع من البرامج يأخذ وقتاً طويلا لكتابته ومن الصعب تعديله . لكنه مع ذلك يمكن اعتبار استخدام شفرة الجهاز مناسباً جداً للأنظمة الصغيرة المتخصصة ، مثلا عند استخدام الحاسب الدقيق للتحكم المباشر فى العمليات الصناعية . فى هذه الحالة يمكن تخزين أوامر البرنامج (المكونات الفكرية) فى ذاكرة يمكن قراءتها فقط (ROM) أو ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها (PROM) أو ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن كتابة ومسح محتوياتها (EPROM) وتكون البيانات التى سيتم تشغيلها بواسطة الحاسب هى القياسات المسجلة من العملية الصناعية بعد تحويلها من شكل تناظرى إلى شكل رقمى وتغذى مباشرة للحاسب الدقيق . هذه الطريقة توفر نظاماً رخيصاً نسبياً حيث لاتوجد حاجة إلى أجهزة مساعدة إضافية للحاسب .

البرنامج المجمع هو برنامج خاص يسمح بكتابة الأوامر بشكل ADD 50 أو SUB TAX وتتم ترجمة الأوامر آلياً إلى شفرة الجهاز ويترجم كل رمز إلى أمر شفرى واحد للجهاز . ورغم أن هذه البرامج تستغرق وقتاً طويلا فى كتابتها باستعمال « لغة بدائية » نسبياً إلا أنها تنتج برامج ذات كفاءة عالية من حيث التخزين والوقت المستهلك فى التنفيذ .

فيما يلى قائمة بالأوامر الأساسية النمطية لرموز لغة التجميع حيث يكون فيها :

(A) تعنى محتويات المركم

(n) تعنى محتويات موضع التخزين n

(N) تبين رقماً صحيحاً (يفترض أنه موجب بين صفر و 999) .

الأمر	العملية	التعليق
LDA n	(n)→A	(n) لا يتغير
STA n	(A)→n	(A) لا يتغير
ADD n	(A)+(n)→A	(n) لا يتغير
SUB n	(A)−(n)→A	(n) لا يتغير
MLT n	(A)∗(n)→A	(n) لا يتغير
DIV n	(A)/(n)→A	(n) لا يتغير
LDAN	N→A	هذه الأوامر تتعامل مباشرة مع الأرقام الصحيحة الموجبة وليس مع مواضع التخزين .
ADDN	(A)+(N)→A	
SUBN	(A)−(N)→A	
MLTN	(A)∗(N)→A	
DIVN	(A)/(N)→A	

مثـال ١٢ – ٨ :

باستخدام الأوامر المعطاة سابقاً ، أكتب الأوامر الضرورية لتنفيذ الآتى :

افترض أن X مخزنة فى الموضع 12 احسب قيمة 40 . (x + 3) وخزن النتيجة فى الموضع 12 .

الحـل :

```
LDA 12
ADDN 3
MLTN 40
STA 12
```

مثـال ١٢ – ٩ :

اكتب الأوامر لتنفيذ العمليات التالية :

اجمع الرقمين المخزنين فى الموضعين 25 و 26 وخزن النتيجة فى الموضع 25 وضع أصفاراً فى الموضع 26 .

الحـل :

```
LDA   25
ADD   26
STA   25
LDAN  0
STA   26
```

تحتوى معظم لغات التجميع على أوامر أكثر مما قدمناه سابقاً مثل أمر « القفز » أو « التعديل » أو « الدالة » التى تسمح بتنفيذ عمليات أكثر تعقيداً استجابة لأوامر (رموز) أسهل فى الكتابة نسبياً . إحدى لغات التجميع الأكثر انتشاراً هى شفرة *ASCII* (اختصاراً للشفرة المعيارية الأمريكية لتبادل المعلومات) وتنطق فى العادة كما يلى (ASK – EE)*

تكون اللغات المتطورة مستقلة تماماً عن الجهاز الحاسب ، وهى أسهل فى التعلم نسبياً وتسمح للمبرمج بالتركيز على المشكلة المطلوب برمجتها . يوجد نوعان من اللغات المتطورة ، **المفسرة** مثل لغة **الباسيك** (اختصار شفرة الأوامر الرمزية المتعددة الأغراض للمبتدئين) والتى يشار لها عادة كلغة تخاطبية فيها يكون شكل الأوامر والجمل بأسلوب

(*) المترجم لايتفق مع المؤلف فى هذا فشفرة ASCII لا تعتبر لغة تجميع .

أقرب إلى الطريقة التى يستعملها الإنسان . هذا النوع من اللغات تتم ترجمته إلى شفرة الجهاز باستخدام مفسر . أما النوع الثانى من اللغات المتطورة فيتم تحويله إلى لغة تجميع باستخدام مترجم قبل الترجمة النهائية من لغة التجميع إلى شفرة الجهاز . المترجم هو برنامج يحتوى على قائمة بالجمل المستخدمة فى لغة موجهة لحل المسألة ، ولكل من هذه الجمل توجد قائمة من الأوامر المشفرة للجهاز لتنفيذ هذه الجملة . بتشغيل البرنامج الأصلى (برنامج المنبع) مع البرنامج المترجم ينتج برنامج مشفر بشفرة الجهاز وهذا الأخير يتم تشغيله على البيانات . أثناء الترجمة كلما قرئت جملة من جمل البرنامج الأصلى (المنبع) يمر على أجزائها البرنامج المترجم للبحث عن أى أخطاء فى تركيبها ويعطى أوامر طباعة لإخراج هذه الأخطاء – رسائل الأخطاء هذه تسمح تشخيص الأعطال وهى ذات فائدة عظيمة فى إزالة الأخطاء (اكتشاف الأخطاء فى البرنامج وتصحيحها) . لن تكتشف فى هذه العملية الأخطاء المنطقية ، ولكن يستخرج الحاسب الجمل التى لايمكنه التعرف عليها فى صورة أوامر .

ظهرت كثير من اللغات المتطورة منها ما يلى :

FORTRAN اختصار معناه ترجمة الصيغ العلمية (فورتران)

*FOR*mula *TRAN*slation

COBOL اختصار لغة موجهة للأعمال التجارية الشائعة (كوبول)

*CO*mmon *B*usiness *O*riental *L*anguage

ALGOL لغة الجوريثمية (ألجول) *ALGO* rithmic *L*anguage

CORAL اختصار معناه لغة للتطبيقات المشغلة لحظياً ومباشرة على الحاسب (كورال)

*C*omputer *O*n-line *R*eal-time *A*pplicatiom *L*anguage

وتمثل هذه اللغة تطويراً للغة ألجول (ALGOL) . وقد بنيت لغة CORAL 66 أصلا للمشروعات العسكرية بواسطة PRE, Malvern ولكن تم استخدامها منذ ذلك الحين فى تطبيقات أخرى مثل حجز تذاكر الطائرات ونظم عرض البيانات فى مكاتب البريد .

١٢ – ٨ تجهيز البرنامج :

لقد ناقشنا باختصار مبادىء خرائط سير العمليات وبذلك تمكنا من تجزىء المشكلة بحيث يمكننا كتابة برنامج وتقديمه للجهاز . عندما يكون العمل المطلوب من الجهاز بسيطاً نسبياً ومكتوباً بشفرة الجهاز نستطيع كتابة البرنامج وإدخاله للجهاز ، أمر بأمر وذلك بضبط مفاتيح على اللوحة الأمامية للجهاز . هذه العملية تكون مفيدة فى مراحل تطوير وتنفيذ جهاز حاسب دقيق اختبارى إلا أنه يصبح عملا مضنياً وصعباً لأى شىء غير البرامج البسيطة .

لذلك تتم كتابة البرامج بخط اليد على صحيفة بيانات البرنامج ثم تثقب على شريط ورق أو على بطاقات ورقية للقراءة فى فترة تالية باستعمال الجهاز المساعد المناسب ، أو يمكن كتابة البرنامج باستخدام آلة كاتبة للارسال والاستقبال عن بعد (TTY) أو لوحة أزرار للعرض (KDU) أو وحدة عرض مرئية (VDU) .

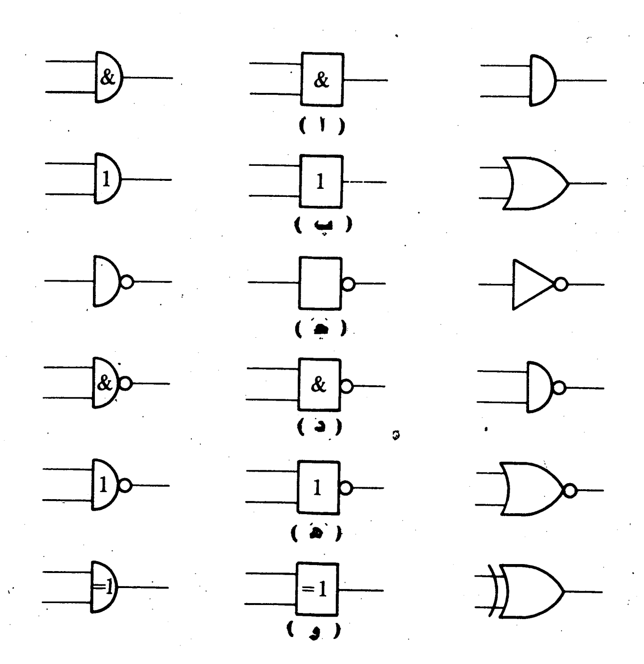
تعتبر وحدة العرض المرئى (VDU) من النهايات الطرفية المفيدة للغاية لأنها تسمح لمشغل الجهاز بالكتابة للحاسب عن طريق لوحة أزرار شبيهة بالآلة الكاتبة وتعطى النتائج على شاشة عرض تشبه شاشة التليفزيون . لذلك يمكن كتابة وحل البرامج بسرعة كبيرة . العيب الرئيسى لهذه الوحدة (VDU) هو عدم القدرة على الحصول على نسخة مطبوعة من البرنامج .

الملاحق

(أ) الرموز المنطقية

استخدمت نظم مختلفة للرموز فى رسوم الأجهزة والمطبوعات فى العالم . كانت الرموز المعيارية البريطانية تستخدم دوائر كرموز لجميع البوابات الأساسية وتستخدم خطاً عمودياً مرسوماً عبر اتجاه سير الإشارات كرمز لعملية النفى . فى عام ١٩٦٩ تم تعديل الرموز المنطقية المعيارية البريطانية (BS 39 39) الجزء (21) بحيث أصبحت الرموز على شكل حرف D الإنجليزى وانتشر استخدام هذه الرموز وبخاصة فى مجالات التعليم . وفى يوليو ١٩٧٧ تم تعديل هذه المعايير مرة أخرى وأشارت التوصيات لاستخدام رموز على هيئة مستطيلات .

لكن بسبب التقدم الملحوظ الذى أحرزته الولايات المتحدة الأمريكية فى مجالات الأجهزة وأجزائها والتطبيقات المختلفة فإن المعايير القياسية العسكرية الأمريكية أصبحت أكثر المعايير القياسية انتشاراً فى العالم اليوم . ومن المتوقع



شكل (أ) – ١ مقارنة بين المعايير البريطانية والأمريكية للرموز المنطقية (أ) دالة « و » (AND) (ب) دالة « أو » (OR) (جـ) دالة نفى (NOT) (د) دالة نفى « و » (NAND) (هـ) دالة نفى « أو » (NOR) (و) دالة نفى « أو » المنفردة (Exclusive-OR)

استمرار هذا الاتجاه لحين تطوير والاتفاق على معايير أوروبية مما سيترتب عليه وجود عدة معايير مختلفة للرموز المنطقية فى السنوات المقبلة . يوضح شكل (أ) – ١ مقارنة بين عدد من الرموز الشائعة الاستخدام .

(ب) توصيلات أطراف الدوائر المتكاملة من نوع TTL سلسلةرقم 74 والشائعة الاستخدام

يوضح شكل (ب) – ١ توصيلات أطراف مجموعة من الدوائر المتكاملة من نوع TTL سلسلة رقم 74 . يلاحظ أن توصيلات الأرجل ترسم دائماً كأننا ننظر لها من أعلى ونلاحظ أيضاً أن هذه الرسوم التخطيطية لاتحتوى على جميع الدوائر الموجودة فى السلسلة رقم 74 ويمكن الحصول على قائمة كاملة لها من المصنعين أو الموزعين لهذه الدوائر . يوجد الآن اتفاق بين مصنعى الدوائر على أرقام الدوائر بحيث قاربت أن تكون معايير قياسية لكننا ننصح بالتأكد من هذه البيانات من مصنعى الدوائر إذا كان هناك أى شك فى الأرقام .

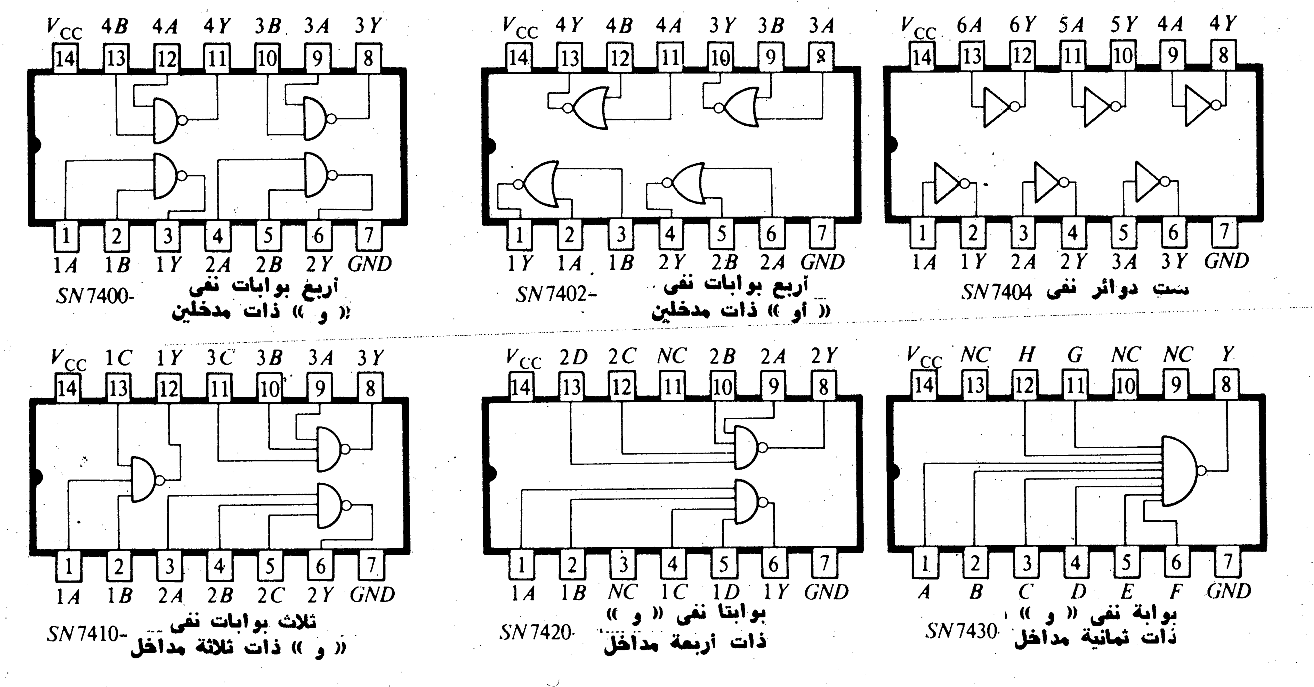
يوجد نوع من الاختصارات الشائعة لوصف وظائف أرجل الدوائر ونورد بعضاً منها فيما يلى مع معنى كل اختصار :

NC	غير متصل بشىء
LT	نقطة اختبار بمصباح
CK	ساعة
RBI	مدخل منع التموجات
RBO	خرج يمنع التموجات
R_0	اضبط على صفر
R_9	اضبط على 9
G	ممكن
PR	ضبط على إشارة مبدئية
CLR	ضع الدائرة فى الحالة المبدئية
Σ	مجموع

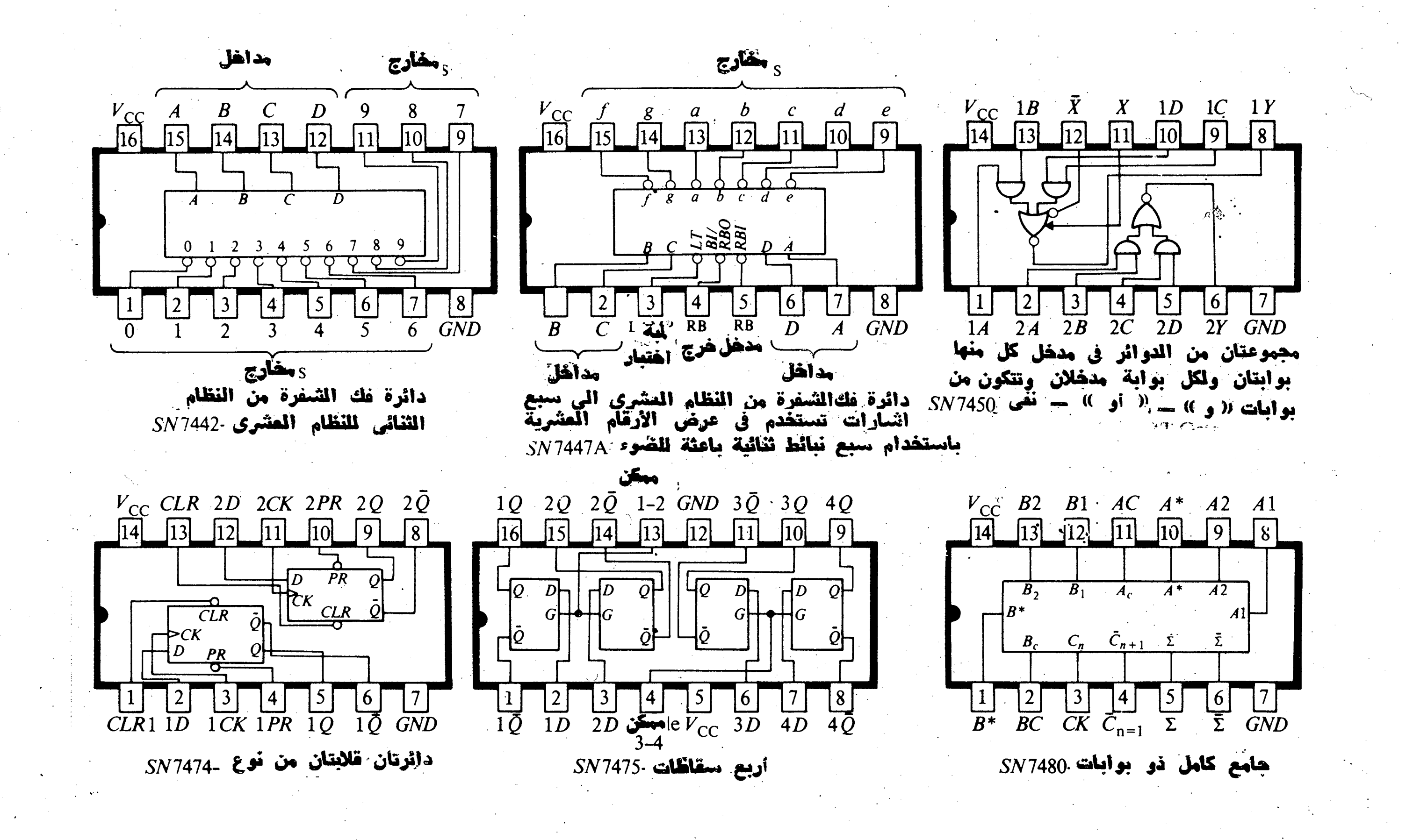
عند استخدام بوابات منطقية يجب عدم ترك أى أطراف إدخال بدون توصيلها بجهود كهربية محددة « إشارات منطقية » فمثلا يجب توصيل أطراف الادخال غير المستعملة لبوابات نفى « و » (NAND) بالإشارة المنطقية "1" « وتوصيل الأطراف غير المستعملة لبوابات نفى « أو » (NOR)بالإشارة المنطقية "0" . يمكن أيضاً توصيل الأطراف غير المستعملة على أى إشارة داخلة على أى طرف إدخال مستعمل . يجب أيضاً عدم توصيل خرج البوابات المختلفةمباشرة ولكن يجب توصيلها باستخدام بوابة بينها .

فى معظم النبائط من نوع TTL يتم استخدام إشارة تمكين للمداخل باستخدام الإشارة المنطقية "1" لكن فى بعض الحالات مثل مداخل PRESET و CLEAR للبوابات القلابة يمكن أن تستخدم الإشارة المنطقية "0" لتمكين الدائرة من العمل . هذه الحالات المختلفة يمكن ملاحظتها بالنظر مباشرة لتوصيلات الأرجل كما هو موضح فى شكل ب – ٢ (ب) .

يمكننا تمييز مداخل الساعة دائماً برسم رأس سهم كما هو مبين فى شكل ب – ٢ (أ) وذلك عندما تكون الدائرة تغير حالتها على الحافة الأولى لنبضة الساعة . أما إذا كانت النبيطة تغير حالتها على الحافة المتأخرة لنبضة الساعة مثل الدوائر القلابة من نوع المتبوع – التابع فإننا نميزها كما هو موضح فى شكل ب – ٢ (ج) .



شكل ب — ١ توصيلات الأرجل للسلسلة 74 للدوائر المتكاملة من نوع TTL .



مجموعتان من الدوائر فى مدخل كل منها بوابتان ولكل بوابة مدخلان وتتكون من بوابات ((و)) — ((أو)) — نفى [illegible] SN7450

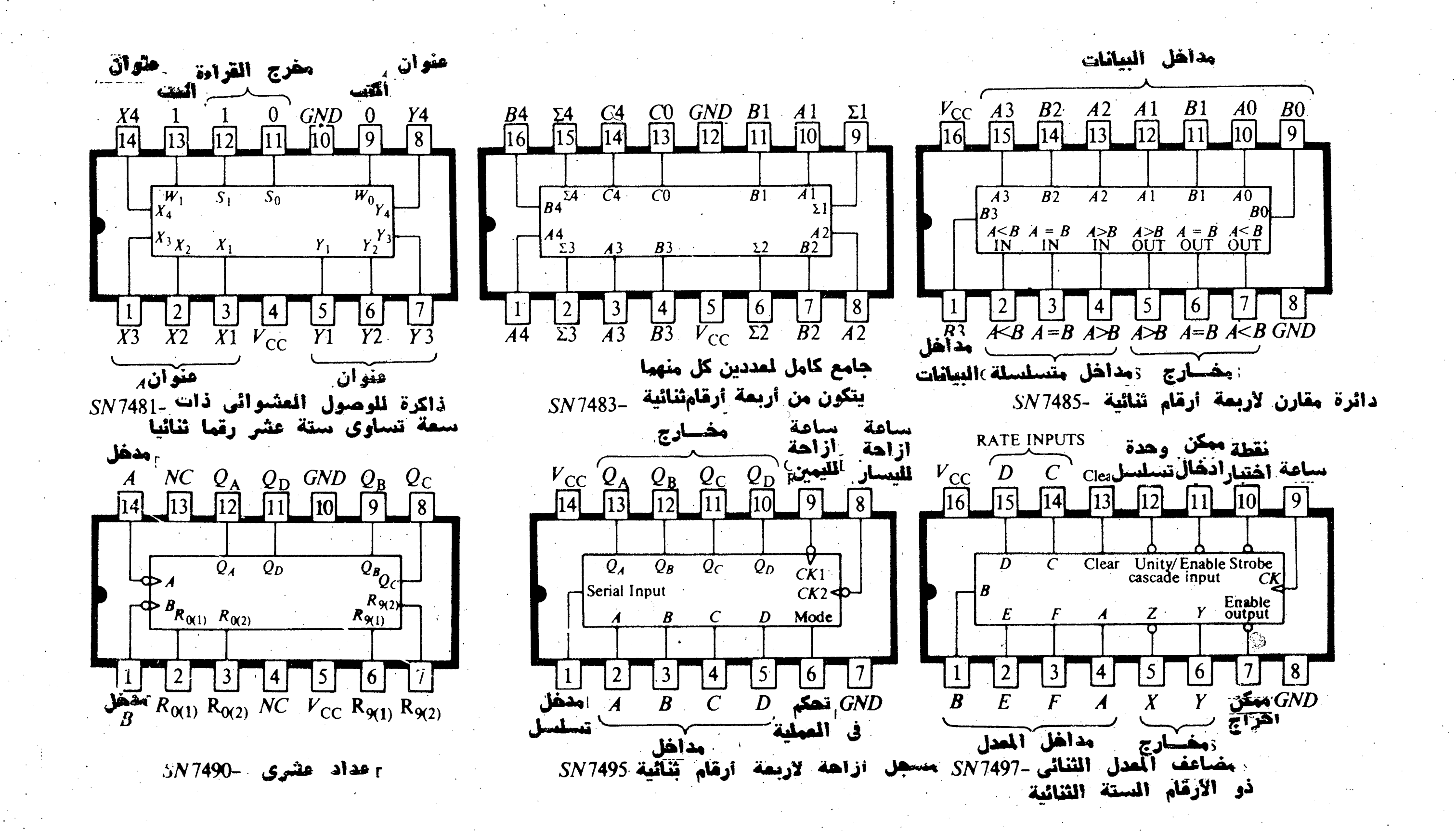
دائرة فك الشفرة من النظام العشري الى سبع اشارات تستخدم فى عرض الأرقام العشرية باستخدام سبع نبائط ثنائية باعثة للضوء SN7447A

دائرة فك الشفرة من النظام الثنائى للنظام العشرى SN7442-

جامع كامل ذو بوابات SN7480-

أربع سقاطات SN7475-

دائرتان قلابتان من نوع SN7474-



ذاكرة للوصول العشوائى ذات سعة تساوى ستة عشر رقما ثنائيا SN7481-
جامع كامل لعددين كل منهما يتكون من أربعة أرقام ثنائية SN7483-
دائرة مقارن لأربعة أرقام ثنائية SN7485-
عداد عشرى SN7490-
مسجل ازاحة لأربعة أرقام ثنائية SN7495
مضاعف المعدل الثنائى ذو الأرقام الستة الثنائية SN7497-

شكل ب – ١ (يتبع)

SN740107- اثرتان قلابتان من نوع J.K

SN74118- ست سقاطات

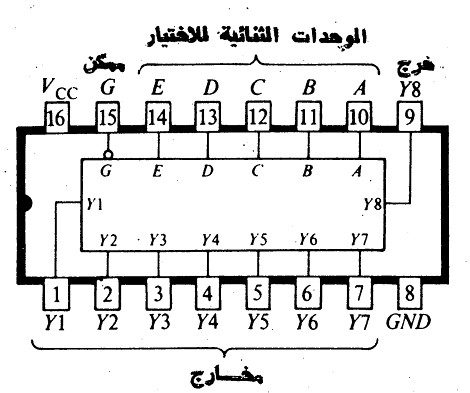
SN74121- متعددة الذبذبات ذو حالة اتزان واحدة

SN74132- أربع بوابات نفى « و » من نوع شميت

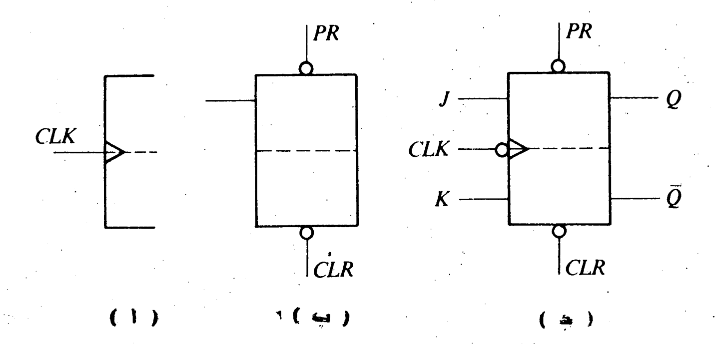
SN74167- مضاعف معدل عشرى ذو أربع أرقام ثنائية

SN74182- وحدة تتوقع المرحل

شكل ب – ١ (تابع)



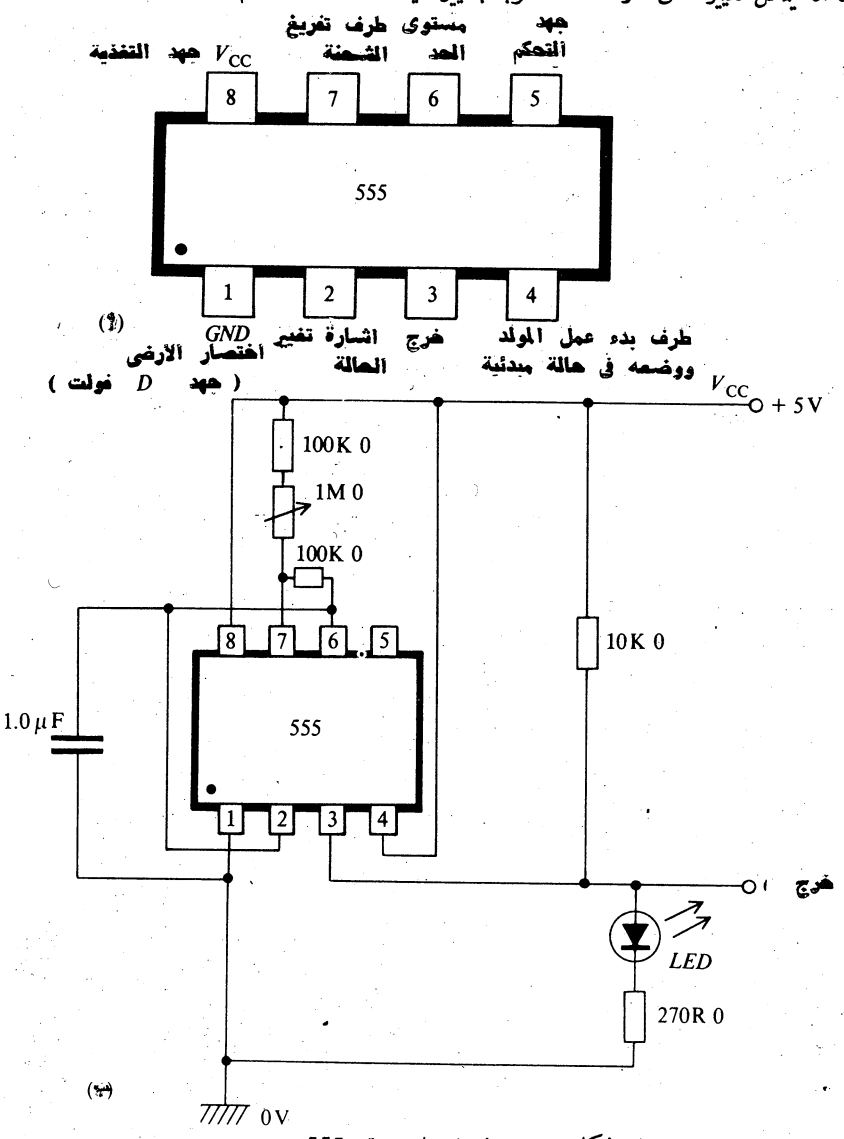
SN 74188- ذاكرة يمكن قرائتها فقط ويمكن برمجتها ذات ٢٥٦ رقما ثنائيا باستخدام وصلان يمكن صهرها



شكل ب – ٢ مداخل التمكين والساعة (أ) ، (ب) ، (جـ) .

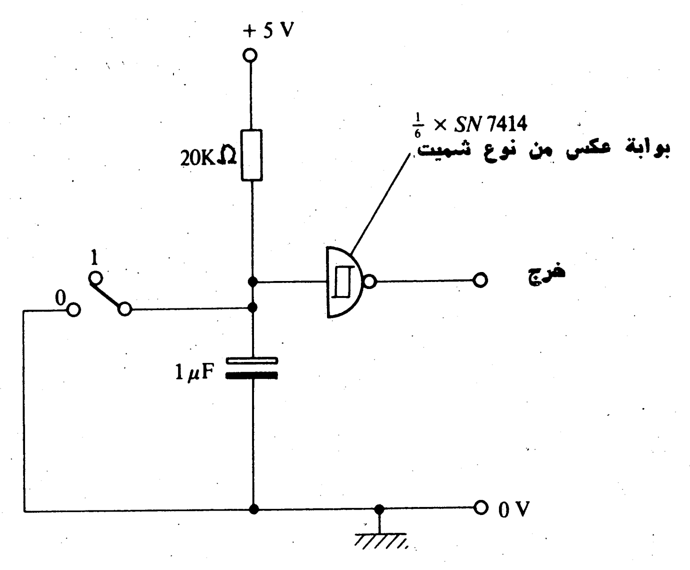
(ج) مولد النبضات رقم 555 ودوائر مفيدة أخرى :

(أ) مولد النبضات رقم 555 : إن دائرة التوقيت 555 تعتبر من الدوائر التى تتميز بدرجة عالية من الثبات وتستخدم للتحكم الدقيق فى أزمنة التأخير أو توليد النبضات . يوضح شكل ج - ١ (أ) توصيلة أرجل هذا المولد عنا استخدام دائرة من نوع DIL . كذلك يوضح شكل ج - ١ (ب) دائرة لمولد نبضات قادر على توليد ترددات متغيرة (من 1 Hz وحتى 10 Hz تقريباً) حيث يمكن تغيير التردد عن طريق مقاومة متغيرة قيمتها 1 MΩ. يلاحظ أنه يمكن تغيير مدى الترددات المطلوبة بتغيير قيمة المكثف المستخدم .



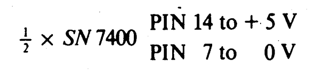
شكل ج-١ مولد نبضات رقم 555

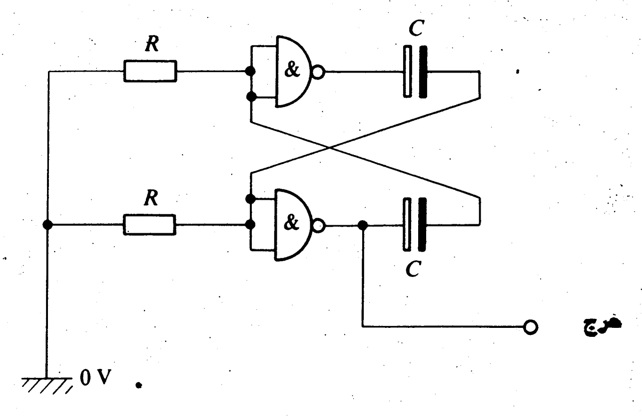
(أ) توصيل أرجل دائرة التوقيت رقم 555 (ب) دائرة مولد النبضات



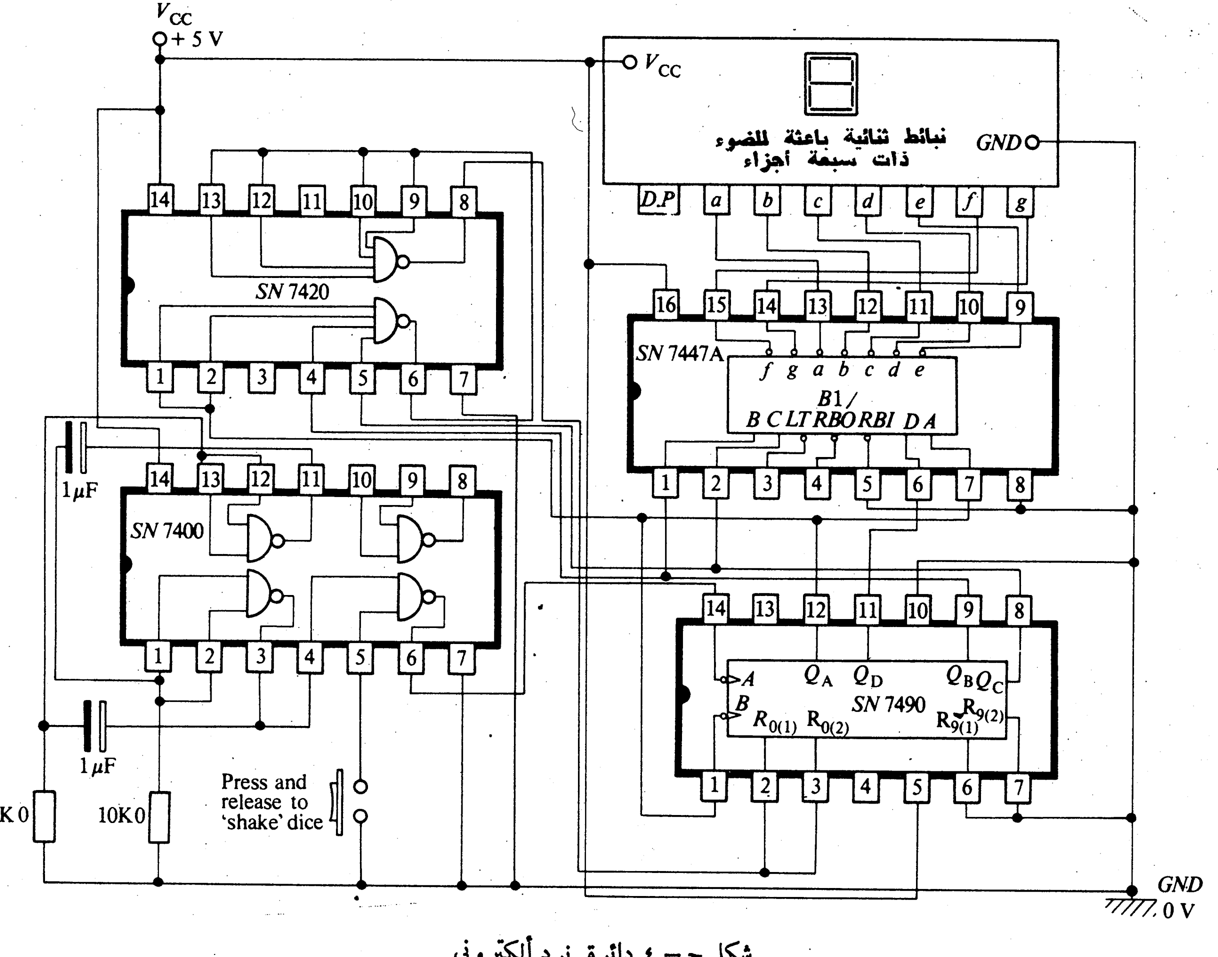
شكل جـ – ٢ دائرة للتخلص من ذبذبات المفتاح

(ب) دائرة التخلص من ذبذبات المفتاح : عند استخدام مفاتيح ميكانيكية لإدخال الإشارات المنطقية للبوابات يحدث مايسمى بذبذبة نقطة التلامس وذلك لأنه عند اقتراب نقط التوصيل من بعضها يحدث تذبذب فى التوصيل بحيث يتم توصيل الإشارة ثم قطعها لعدة مرات . يسبب ذلك ظهور عدد من النبضات عند خرج المفتاح رغم احتياجنا لنبضة واحدة . هذه العملية تكون مقبولة إذا كان المقصود توصيل إشارة ثابتة القيمة والجهد على مداخل البوابات المنطقية . لكن إذا كان المقصود هو عد النبضات الخارجة مثلا فإن حدوث هذه الذبذبات بسبب حدوث أخطاء . فى مثل هذه الحالات يجب أن نحصل على نبضات نظيفة ذات أحرف حادة .





شكل جـ – ٣ متعدد النبضات غير المتزن .



شكل جـ ــ ٤ دائرة نرد ألكترونى .

وفى هذه الحالات يجب استخدام مانع للذبذبات . يوضح شكل جـ – ٢ مانعاً للذبذبات أثناء عملية التوصيل باستخدام دائرة عكس من نوع شميت .

(جـ) **متعدد النبضات غير المتزن :** يوضح شكل جـ – ٣ مولداً للنبضات رخيصاً وبسيطاً يمكن استخدامه كساعة وتوصيله على مداخل الساعة فى الدوائر المتكاملة الرقمية . نستخدم فى هذا المولد بوابتى نفى « و » ومقاومتين ومكثفين . لتوليد نبضات ذات تردد صغير نستعمل مكثف ($470 — 1000\ \mu F$) ومقاومة ($2K\Omega$ — $470R\Omega$) أما للترددات العالية فتستعمل القيم التالية ($220\ \mu F — 1\ \mu F$) و ($10\ K\Omega — 470\ R\Omega$) .

(و) **نرد ألكترونى :** توجد توصيلات كثيرة ممكنة لدائرة نرد ألكترونى باستخدام متعدد النبضات غير المتزن المبين أعلاه . يوضح شكل جـ – ٤ طريقة بسيطة حيث يستخدم متعدد النبضات غير المتزن لتوليد نبضات مربعة ذات تردد يساوى 1K Hz . نوصل نبضات هذه الساعة إلى دائرة رقم SN7490 والتى تعمل كعداد عشرى عند توصيل مفتاح رج النرد المبين فى الشكل ثم قطع التوصيل يمر عدد غير معروف من النبضات إلى العداد العشرى . يلاحظ أن العداد العشرى قد تم تغيير توصيلته بحيث يقوم بالعد من ١ إلى ٦ فى دورة تتكرر باستمرار وذلك باستخدام دائرة فك شفرة بحيث تضعه فى الحالة صفر بعد وصوله للرقم ٦ . وقد تم توصيل الرجل رقم 5 فى الدائرة SN 7447A إلى جهد يساوى "0" فولت حتى يتم إلغاء ظهور الرقم صفر فى الأعداد المعروضة كخرج للنرد .

المصطلحات العلمية (عربى ــ انجليزى)

(أ)

Parity check	اختبار التطابق
Odd parity	اختبار تطابق أحادى
Even parity	اختبار تطابق زوجى
Output	إخراج
Input	إدخال
Cylinder	اسطوانة
Function Mapping	إسقاط الدوال
ASCII	أسكى
American Standard Code for Information Interchange	
Flowcharting	إعداد خرائط سير العمليات
Insturction	أمر

(ب)

Byte	بايت
Software	برامج جاهزة وملحقة (بالحاسب)
Porgram	برنامج
Gate	بوابة
"OR" gate	بوابة « أو »
"Exclusive-OR" gate	بوابة « أو » المنفردة
NOT gate	بواية نفى
NOR gate	بوابة نفى « أو »
NAND gate	بوابة نفى « و »
AND gate	بوابة « و »
BASIC	بيزيك

Storage	تخزين
MOS transistor	ترانزستور من نوع MOS
FET	ترانزستور تأثير المجال

(ج)

Full adder	جامع تام
Parallel adder	جامع على التوازى
Serial adder	جامع على التوالى
Bollean Algebra	جبر بوولى
Karnaugh Maps	جداول كارنوف
Binary addition	جمع فى الحاسب الثنائى
Arthmetic statement	جملة حسابية

(ح)

Buffer	حاجز وسيط مرحلى
Microcomputer	حاسب دقيق
Digital computer	حاسب رقمى
Minicomputer	حاسب صغير
Depletion mode	حالة الاستنفاد
Enhancement mode	حالة التعزيز
Pinch-off region	حالة القرص
Noise margins	حدود الضوضاء

(د)

Flip flop	دائرة قلابة
Clocked Flip Flop	دائرة قلابة متزامنة
Integrated Circuit (IC)	دائرة متكاملة
Transistor transistor logic circuits (TTL)	دوائر منطق TTL
Looping	دوران
Regenerative cycle	دورة إعادة كتابة
Refresh cycle	دورة تجديد
Read cycle	دورة قراءة
Write cycle	دورة كتابة

(ذ)

Static memory	ذاكرة استاتيكية
Computer memory	ذاكرة الحاسب
RAM (Random Access Memory)	ذاكرة الوصول العشوائى
Immediate access memory	ذاكرة الوصول الفورى
Direct access memory	ذاكرة الوصول المباشر
ROM (Read only memory)	ذاكرة يمكن قراءتها فقط
PROM (Programmable read only memory)	ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها

(ز)

Propagation delay	زمن الانتشار
Access time	زمن الوصول

(س)

Latch	سقاطة

(ش)

Computer code	شفرة الحاسب
Operation code	شفرة العملية

(ض)

Cell looping	ضم خلايا جدول كارنوف

(ط)

Binary subtractor	طارح ثنائى
Bipolar techniques	طرق ثنائية القطبية

(ع)

Inverter	عاكس
BCD counter	عداد ثنائى بالشفرة العشرية
Ring counter	عداد دائرى
Decade counter	عداد عشرى

عداد غير متزامن	Asynchronous counter
عداد تموجات	Ripple-through counter
عداد كية	Batch counter
عداد متزامن	Synchronous counter
عدد تفريعات الخرج	Fan-out
عدد المداخل	Fan-in
عنوان	Address

(ف)

فك رموز الشفرة	Decoding
فورتران	FORTRAN

(ق)

قرص مرن	Floppy
قرص ممغنط	Mangetic Disc

(ك)

كتـــلة	Block
كوبول	COBOL

(ل)

لغة التجميع	Assembly language
لغة متطورة	Hight level language

(م)

متمم	Complement
محلل الشفرة	Decoder
مخازن القلوب الحديدية	Ferrite core store
مخزن احتياطى	Backing store
مسجل	Register
مسجل إزاحة	Shift Register
مسجل تخزين	Storage Register
مسجل العنوان	Address Register
مصب	Drain

Trigger	مفجر
Hardware	المكونات المادية (للحاسب)
Noise immunity	مناعة ضد الضوضاء
Source	منبع
Logic	منطق
Negative logic	منطق سالب
Postive logic	منطق موجب
Pulse generator	مولد نبضات

(ن)

Half adder	نصف جامع
Hinary Numbering System	نظام الترقيم الثنائى
Combinational Systems	نظم تراكيبية
Asynchronous Systems	نظم غير متزامنة
Synchronous Systems	نظم متزامنة
Sequential Systems	نظم متسلسلة

(و)

Input units	وحدات إدخال
Output units	وحدات إخراج
Control unit	وحدة التحكم
Central Processing Unit (CPU)	وحدة التشغيل المركزية
Arithmetic Unit	وحدة الحساب

المصطلحات العلمية (انجليزى ـــ عربى)

A

Access time	زمن الوصول
Accumulator	مركم
Address	عنوان
Address register	مسجل العنوان
Arithmetic and Logic Unit	وحدة الحساب والمنطق
ASCII - American Standard Code for Information Interchange	آسكى – الشفرة المعيارية الأمريكية لتبادل المعلومات
Assembler	برنامج تجميع
Assembly language	لغة تجميع
Astable multivibrator	متعدد الاهتزازات غير المتزن
Asynchronous counter	عداد غير متزامن
Asynchronous logic system	نظم منطقية غير متزامنة

B

BASIC	بيزيك « لغة برمجة »اختصار « الشفرة الرمزية للأوامر للاستخدامات المختلفة للمبتدئين »
BCD system	اختصار « نظام الترقيم العشرى بالشفرة الثنائية »
Batch counter	عداد كمية
Binary	ثنـــائى
Binary addition	الجمع فى الحساب الثنائى
Binary artihmetic	الحساب فى الأساس الثنائى
Boolean algebra	الجبر البوولى
Buffer	حاجز وسيط مرحلى
Byte	بايت «أقل وحدة يمكن تحديد موضعها فى ذاكرة الحاسب»

C

Card	بطاقة
Cell looping	ضم خلايا جداول كارنوف

Central Processing Unit (CPU)	وحدة التشغيل المركزية
Clock	ساعة
COBOL	كوبول « لغة برمجة موجهة للأعمال التجاريةالشائعة»
Complement	متمم
Combinational logic system	نظم المنطق التراكيبية
Comparator	مقارن
Control unit	وحدة التحكم

D

Data	بيانات
Decade counter	عداد عشرى
Denary numbering system	نظام الترقيم العشرى
Digital computer	الحاسب الرقمى
Diode	نبيطة ثنائية
Direct access memory	ذاكرة الوصول المباشر
Drain	مصب
D-Flip flop	دائرة قلابة من نوع D
Dynamic memory	ذاكرة ديناميه

E

EAROM	ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها باستخدام نبضات كهربية
ECL	اختصار « دوائر المنطق المرتبطة عن طريق الباعث »
EPITAXIAL Process	عملية يتم فيها ترسيب طبقة سطحية فى اتجاه محورى واحد
EPROM	ذاكرة للقراءة فقط يمكن مسحها باستخدام إشعاع فوق بنفسجى قوى وإعادة برمجتها
Even parity	اختبار التطابق الزوجى
Exclusive-OR gate	بوابة نفى « أو » المنفردة

F

Fan-in	عدد المداخل
Fan-out	عدد تفريعات الخرج
Ferrite core	القلوب الحديدية
FET	اختصار معناه « ترانزستورتأثير المجال »
Flip-Flop	دائرة قلابة

Floppy disc	قرص ممغنط مرن
Flowcharting	إعداد خرائط سير العمليات
FORTRAN	فورتران
Full adder	جامع تام
Function mapping	إسقاط الدوال

G

Gate	بوابة
GIGO	اختصار معناه « نفايات داخلة – نفايات خارجة »

H

Half adder	نصف جامع
Hardware	مكونات مادية (للحاسب)

I

Input units	وحدات إدخال
Instruction	أمر
Instruction address	عنوان الأمر
Integrated Circuit (IC)	دائرة متكاملة
Inverter	عاكس

J

J-K Flip Flop	دائرة قلابة من نوع J-K

K

Karnaugh map	جداول كارنوف

L

Latch	سقاطة
Logic	منطق
Logic Networks	شبكات منطقية
Looping	دوران

M

Machine Code	شفرة الحاسب
Magnetic disc	قرص ممغنط

Mangetic drum	اسطوانة ممغنطة
Magnetic tape	شريط ممغنط
Master-slave flip flop	دائرة قلابة من نوع التابع / المتبوع
Microcomputer	حاسب دقيق
Microprocessor	مشغل دقيق
Minicomputer	حاسب صغير
MOS	اختصار « معدن – أكسيد – شبه موصل » .

N

Noise	ضوضاء
Numbering systems	نظم الترقيم

O

Octal numbering system	نظام الترقيم الثمانى
Odd parity	اختبار تطابق أحادى
Operation code	شفرة عملية
OR gate	بوابة « أو »
Output units	وحدات إخراج

P

Parallel adder	جامع على التوازى
Parity check	اختبار تطابق
Pinch-off	قرص
Pulse generator	مولد نبضات

R

Random Access Memory (RAM)	ذاكرة الوصول العشوائى
Read cycle	دورة القراءة
Refresh cycle	دورة التجديد
Regenerative cycle	دورة إعادة الكتابة
Register	مسجل
Rging counter	عداد دائرى
Ripple-through counter	عداد تموجات

S

Sequential logi systems	نظم منطقية متسلسلة
Shift register	مسجل إزاحة
Software	برامج جاهزة وملحقة (بالحاسب)
Static memory	ذاكرة استاتيكية
Storage	تخزين – مخازن
Synchronous counter	عداد متزامن
Synchronous lgic systems	نظم منطقية متزامنة

T

Track	مسار
TTL	اختصار « منطق ترانزستور – ترانزستور »

W

Write cycle	دورة كتابة

الفهرس الابجدى

ذ

ر

ز

س

ش

ض

ط

ع

غ

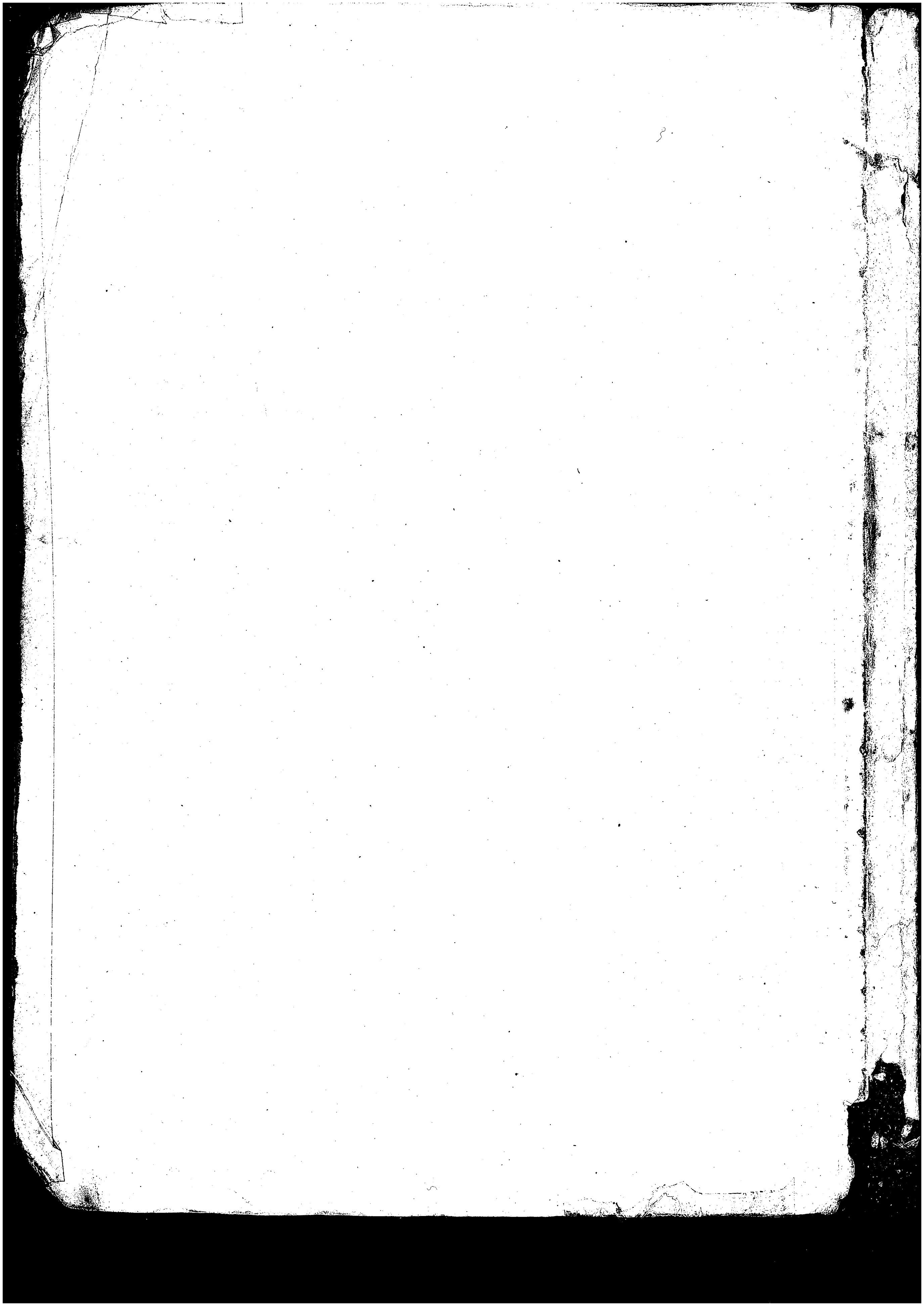
ف

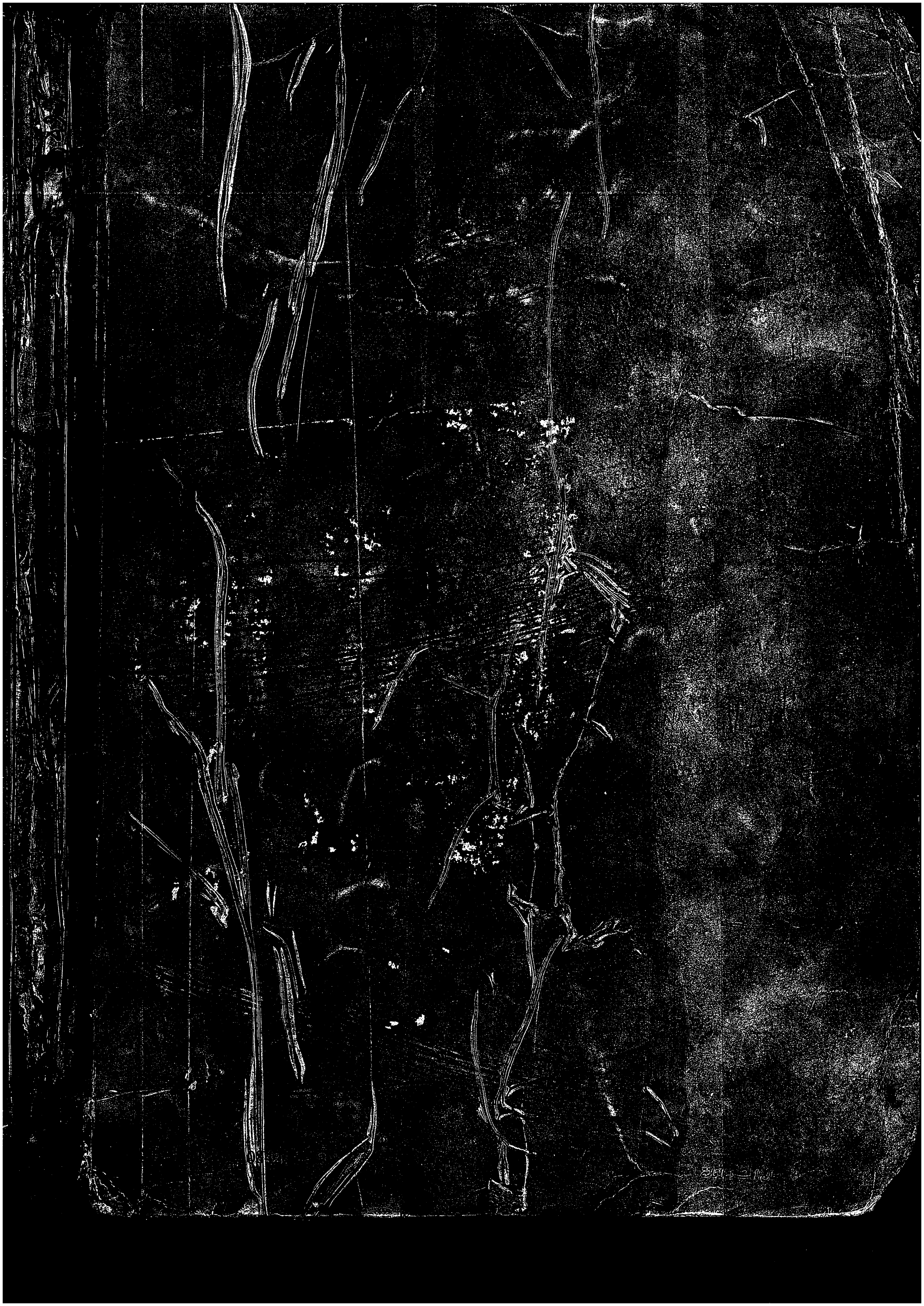
البلاشون – كفر حفنا
البلاشون
الشرقية
* البلاشون – كفر حفنا
حلمي عبد العزيز الأخرس

رقم الايداع بدار الكتب

١٩٨٣ / ٤٥٨٤








ISBN 07 084266 - 3